Preis DM. 1.-

Postversandort München

25 JAHRGANG

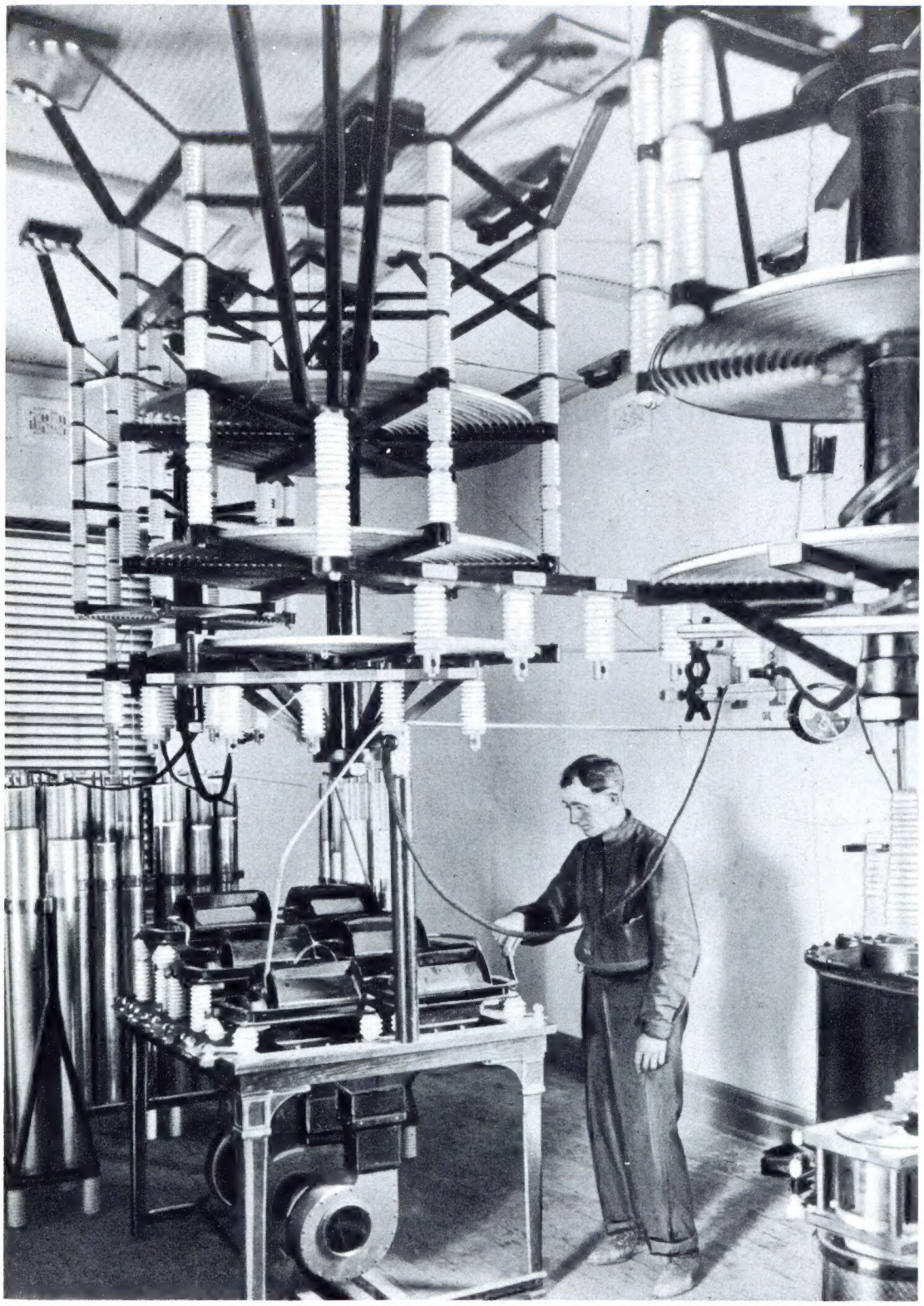
Funkschau

INGENIEUR-AUSGABE

MIT FERNSEH-TECHNIK

2. Mai-Heft 1953 Nr. 10

ZEITSCHRIFT FÜR FUNKTECHNIKER • Erscheint am 5. und 20. eines jeden Monats • FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN-BERLIN



Aus dem Inhalt:

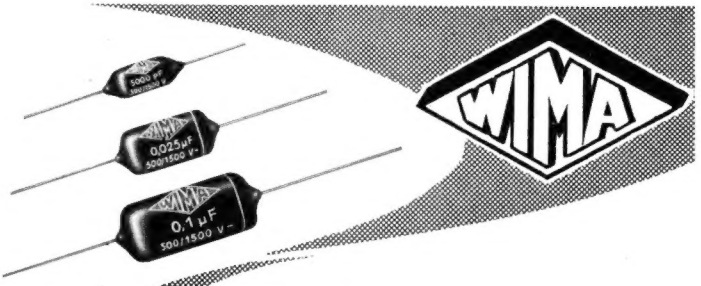
50 Jahre deutsche Funk-Geschichte 171
50 Jahre Telefunken 171
Aktuelle FUNKSCHAU 172
Vom Detektor zur Halbleiter-triode 173
Die drahtlose Fernsteuerung von Modellen 175
Die Funk-Fernsteuerung von Flugmodellen 175
Empfängerprobleme bei Flug-modell-Fernsteuerungen 178
Die Fernsehübertragung der Krönungsfeierlichkeiten aus England 182
Bandtonverstärker mit drei Magnettonköpfen 183
Wiederherstellung von Trocken-batterien durch Ladung 184
Einführung in die Fernseh-Praxis 41. Der Fotozellenverstärker . . . 185
Gitterbasis- und Katodenfolge-schaltung im modernen Senderbau II 187
Vorschläge für die Werkstatt-praxis: Einstreuung von Netzbrummen in die UKW-Vorstufe; Störende Kratzgeräusche während des Abstimmens; Merkwürdiger Brummfehler bei einem ausländischen Super; Brummverminderung durch eine Ausgangsdrossel; Ermittlung von magnetischen Brummeinstreuungen; Versilbern von Kupferdrähten 188
Prozeß der Gema gegen die Tonbandgeräte-Industrie 189
Plattenwechsler Philips 2508 189

Die INGENIEUR-AUSGABE enthält außerdem:

ELEKTRONIK Nr. 4

Unser Titelbild: Aus der Frühzeit des Senderbaues von Telefunken. Das Bild zeigt den 35-kW-Sender Sydney aus dem Jahre 1912. Die Spulen des Spannungstransformators (rechts oben) und die Antennen- und Schwingkreisspulen sind als Flachspulen ausgeführt; die Kapazitäten haben die Form von Leydener Flaschen (links).

FABRIK ELEKTRISCHER MESSINSTRUMENTE · MÜNCHEN B 25



Diese Kondensatoren
können Sie monatelang
in Wasser lagern oder auch
in kochendes Wasser legen:
Sie verlieren durch diese Zerreißprobe vielleicht an Aussehen, aber
sie behalten ihre elektrischen Werte!

WIMA-Tropydur-Kondensatoren
sind *dauerhaft unter allen Klimaverhältnissen*
Sie sind ein fortschrittliches Bauelement
für Rundfunkgeräte

WILHELM WESTERMANN
SPEZIALFABRIK FÜR KONDENSATOREN
UNNA/WESTF.

2700 Schaltpläne = 78.50 DM

mit anderen Worten: **1 Schaltung = 3 Pfg.**
So billig ist die ART-Schaltplansammlung
Auch einzelne Fabrikatsätze erhältlich —
Preis auf Anfrage

Sie enthält praktisch sämtliche in Deutschland jemals gebauten Rundfunkempfänger bis zum Jahr 1948 und ist damit auch in Verbindung mit der FUNKSCHAU-Schaltungssammlung, die jeweils die neuesten Schaltungen bringt, ein

unerschöpfliches Schaltungsarchiv für jede Radio-Werkstatt, jedes Labor, jeden Instandsetzer

Bestellen Sie deshalb noch heute:

X ***ART-Schaltplansammlung mit 2700 Schaltungen in 3 Ordnern zum Preise von 78.50 DM portofrei. Teilzahlung nach Vereinbarung möglich.***

Lieferung sofort!

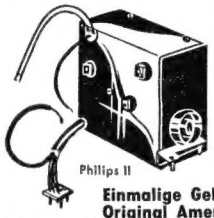
Waterhölter & Co., Bielefeld
Postfach • Postscheckkonto Hannover 8106

ACHTUNG! Reparaturwerkstätten
wegen Lagerräumung einmaliges Sonderangebot
Netztransformatoren · Heiztransformatoren · Netzdrosseln · Einwandfreie Qualität · Beste Lagenisolation

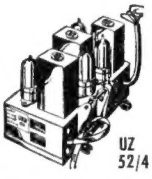
Type	**Netztransformator, universell verwendbar**	
E 60 a	P. 110/220 V, S. 2 x 320 V/60 mA - 4/6,3/12,6 V - 3/2/1 A + 4 V/1,1 A	DM 7.60
E 60 b	P. 110/130/220 V, Sek. wie vor.	DM 8.20
D a	P. 110/220 V, S. 2 x 300 V/50 mA - 4/6,3/12,6 V - 2,5/1,6/0,4 A + 4 V - 1,1 A	DM 6.90
D b	P. 110/130/220 V, Sek. wie vor.	DM 7.40
C a	P. 110/220 V, S. 1 x 300 V/40 mA - 4/6,3 V - 2/1,3 A + 4 V/1,1 A	DM 6.20
C b	P. 110/130/220 V, Sek. wie vor.	DM 6.70
	Heiztransformatoren	
M 1	P. 110/220 V, S. 4/6,3 V - 3/2 A	DM 3.50
M 2	P. 110/220 V, S. 2 x 6,3 V - 1,1 A	DM 3.50
L 1	P. 2 x 6,3 V - 0,6/0,6 A	DM 2.95
L 3	Aufwärtstrafo P. 4 V, S. 6,3/12,6 V - 1,2/0,75 A	DM 2.45
	Netzdrosseln	
K 1	30 mA ca. 1000 Ω, ca. 22 Hy.	DM 1.25
K 2	50 mA ca. 500 Ω, ca. 16 Hy.	DM 1.95
K 3	70 mA ca. 350 Ω, ca. 12 Hy.	DM 2.25

Diese Preise gelten bei Abnahme von mindestens 5 Stück sortiert, bei Einzelabnahme Zuschlag von 15 %. Lieferung per Nachnahme entsprechend dem Vorrat

ASA-Transformatoren- und Apparatebau, AL. SCHALOW, (16) AROLSEN



Preisgünstige UKW-Einsätze
Original **Philips I** m. Röhre ECH 43 DM **14.75**
Original **Philips II** sehr leistungsfähig, für jedes Gerät passend, Empfindlichkeit 50 µ V, komplett mit Röhren EF 42 und EF 41 . . . . DM **26.50**
Original **Schaub-Einbausuper UZ 52/4** mit 8 Kreisen, komplett mit 4 Röhren ECH 42, EF 43 EF 42 und EB 41 . . . . . DM **79.50**
UKW-Bandkab. 300 Ω hochw. isol. m DM **-.50**
Potentiometer m. Schalt. 0,5 MΩ log DM **2.25**



Einmalige Gelegenheit: **Original Amerikanische Schallplatten**

Fabrikate: Columbia, Victor, Bluebird u. a.)	1 Stück	25 cm DM **1.50**	30 cm DM **2.50**
	ab 10 Stück	DM **1.35**	DM **2.—**
Amerikanische Tanzmusik, Schlager.	ab 25 Stück	DM **1.20**	DM **1.65**
und auch klassische Musik	ab 50 Stück	DM **1.—**	

Sortiment: 10 verschiedene Original Amerikanische Schallplatten 25 cm nach unserer Wahl DM **12.50**

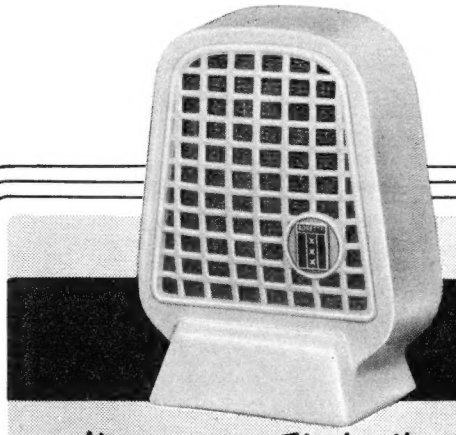
Radio-Röhren in bunter Kartonverpackung mit 6 Monaten Garantie:

5 Y 3	3.-	12 K 8	6.25	35 L 6	4.95	CF 3	2.95	ECH 3	6.50	VY 2	1.50
6 K 7	2.75	12 SA 7	5.25	35 Z 5	3.90	CF 7	2.95	EF 11	4.25	904	2.95
6 L 6	5.90	12 SG 7	2.75	AF 7	3.75	CY 1	1.95	EF 80	7.95	1204	9.95
6 V 6	4.50	12 SQ 7	4.25	AL 4	4.95	EBC 41	3.95	VF 7	7.95	1214	9.95

(Verlangen Sie die ausführliche Röhren Lagerliste T 533!)

Zwischenverkauf vorbehalten, Preise ausschließlich Verpackung ab Lager Weiden. Versand auf Rechnung und Gefahr des Bestell. unt. Nachnahme

TEKA Weiden - Obpf.
BAHNHOFSTRASSE 583



Unser neues Tischmikrofon

Typ T 44

- Der große Frequenzbereich von 30 – 13000 Hz gewährleistet Übertragungen besonderer Qualität. Vollkommen sicher vor Feuchtigkeit und statischen Einflüssen. Mit einer verblüffenden Tonfülle und Klangreinheit.
- Formschönes geschmackvolles Gehäuse aus elfenbeinfarbigem, unzerbrechlichem Kunststoff. Der Fuß ist beschwert und es ist dadurch ein sicherer Stand gewährleistet. Es ist eine Zierde auf jeden Schreibtisch.
- Das preiswerte Qualitätsmikrofon für viele Verwendungszwecke; z. B. für Draht- und Bandaufnahmen, Funkamateure, Rufanlagen u. dgl.

DM 34.50

RONETTE

PIEZO-ELEKTRISCHE INDUSTRIE G. M. B. H.

(22a) HINSBECK/Rhld. · Ruf Lobberich 740

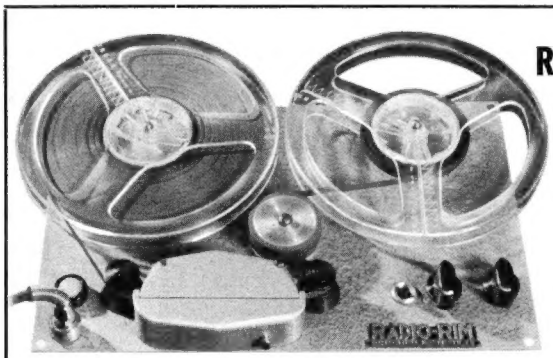
Bitte Prospekt anfordern!

T 512

Was verlangen Sie von einem Isolierband?

Tesaflex hält mehr als ein Isolierband verspricht. Es klebt zäh, ist dehnbar, raumsparend, schmiegsam und farblos-klar oder farbig im bequemen Handabroller lieferbar. Das schwarze Band hat besonders große Widerstandskraft gegen Sonnenlicht, Wasser, Säureverdünnungen und Laugen. So erfüllt es alle Forderungen der Industrie und des Handwerks.

BEIERSDORF HAMBURG



RIMAVOX

ein preiswertes und vollwertiges

Amateur-Tonbandgerät

zum Selbstbau

Bandgeschwindigkeit:	19 cm/sec. und 9,5 cm/sec.
Spieldauer:	bei 19 cm/sec. max. 2 x ½ Stunde bei 9,5 cm/sec. max. 2 x 1 Stunde
Schneller Rücklauf:	in ca. 5 Minuten
Netzanschluß:	110/220 V Wechselstrom
Leistungsaufnahme:	23 Watt (bei 50 Hz)
Abmessungen:	310 x 195 x 180 mm
Gesamtgewicht:	ca. 4,5 kg

Mikrofonanschluß unter Mitverwendung des elektr. Teiles als Vorverstärker
Eingebaute Aussteuerungsanzeige.

Mechanischer Bausatz, zusammengebaut und lauffertig, komplett wie oben beschrieben . . . . . **DM 140.-**

Elektrischer Bausatz, komplette Einzelteile einschließlich Röhrensatz, sowie 3 AEG-Köpfe bei Stromentnahme aus dem nachfolgenden Gerät **DM 107.-**
bei **Stromversorgung durch eigenen Netzteil** . . . . . **Mehrpreis DM 23.-**

Wir verweisen auf den Artikel „Bandtonverstärker mit drei Magnettonköpfen" auf Seite 183 dieses Heftes.

Baumappe, bestehend aus Schaltung, genauem Verdrahtungsplan und ausführlicher Baubeschreibung . . . . . **DM 3.-**

RIM-Basteljahrbuch 1953 gegen Voreinsendung von . . . . . **DM 2.-**

Kostenlose Zustellung. Postscheck-Konto München 13753

Das führende Fachgeschäft

RADIO-RIM

München 15, Bayerstr. 25 (Hauptbhf.) Tel. 25781

Bentron

elektrisches Megafon

Ohne Verstärker

Ohne Röhren

Ohne Akkumulator

Billig im Preis

Große Reichweite

Spezial-Mikrofon mit Druckkammer-Lautsprecher

Als Stromquelle vier normale Taschenlampenbatterien

Gewicht 2 kg

Einfache Bedienung durch Druckschalter

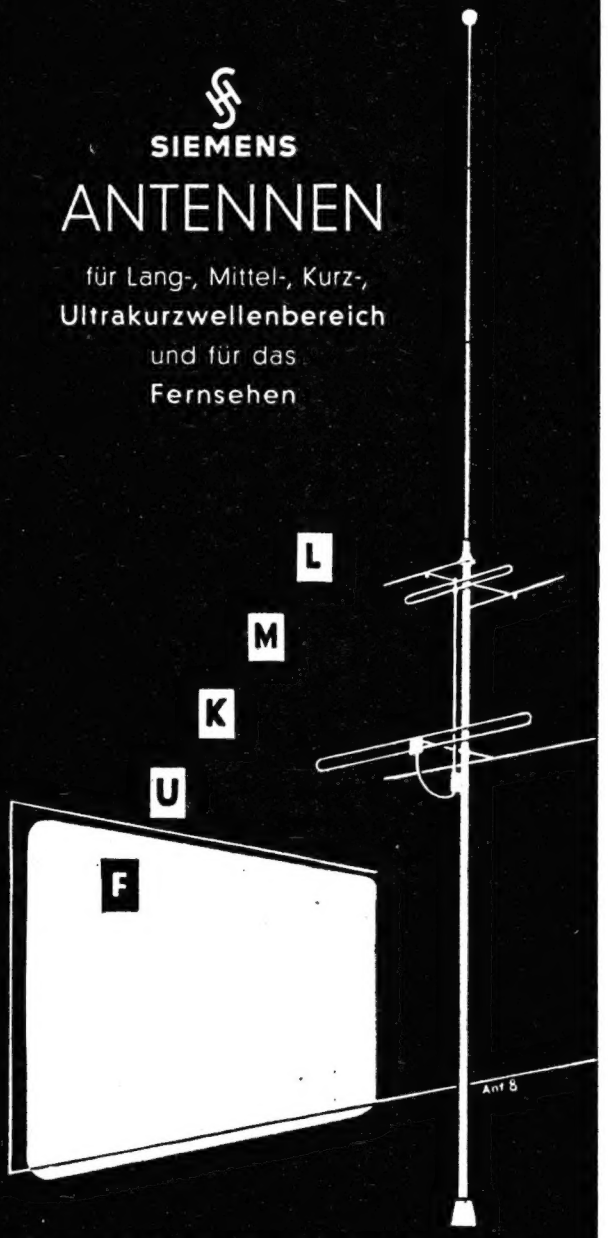
INTRACO GMBH · MÜNCHEN 15
LANDWEHRSTRASSE 3

SIEMENS

ANTENNEN

für Lang-, Mittel-, Kurz-,
Ultrakurzwellenbereich
und für das
Fernsehen

L
M
K
U
F



Siemens-Antennenanlagen entsprechen dem neuesten Stand der Hochfrequenztechnik und sichern störfreien und genußreichen Empfang.

Wir liefern: Einzelantennen
Gemeinschaftsantennen bis 8 Teilnehmer
Gemeinschaftsantennen bis 50 Teilnehmer

Technische Beratung durch unsere Geschäftsstellen

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT
WERNERWERK FÜR RADIOTECHNIK

Für alle Geräte

Verlangen Sie unseren Prospekt

Das hochempfindliche Band mit Bandgeschwindigkeiten von 19 und 9,5 cm/sec.

Agfa Magnetonverkauf Leverkusen - Bayerwerk

FERNUNTERRICHT mit Praktikum

Sie lernen Radiotechnik und Reparieren durch eigene Versuche und kommen nebenbei zu einem neuen Super!

Verlangen Sie ausführliche kostenlose Prospekte über unsere altbewährten Fernkurse für Anfänger und Fortgeschrittene mit Aufgabenkorrektur und Abschlußbestätigung, ferner Sonderlehrbriefe über technisches Rechnen, UKW-FM, Wellenplanänderung. Fernseh-Fernkurs demnächst, Anmeldungen erwünscht.

Unterrichtsunternehmen für Radiotechnik und verwandte Gebiete

Inh. Ing. Heinz Richter, Staatlich lizenziert
Güntering, Post Hechendorf/Pilsensee/Obb.

HAANIA - RADIO - ZUBEHÖR
ÖSEN · BUCHSEN · FEDERN · NIETEN · SCHELLEN · USW.

SCHWARZE & SOHN HAAN RHLD.

Funkschau
MIT FERNSEH-TECHNIK
25. JAHRGANG
2. Mai-Heft 1953 Nr. 10

50 Jahre deutsche Funk-Geschichte

Von Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Hans Rukop

Wohl jedermann weiß heute, daß der Rundfunk auf der drahtlosen Telegrafie beruht, und viele mögen wissen, daß im Kriege jedes Bombenflugzeug, jeder Nachtjäger, jedes Schiff, auch jedes U-Boot mit seinem Heimathafen oder Stützpunkt durch drahtlose Telegrafie in Verbindung steht. Aber wenige werden gehört haben, daß schon im Jahre 1913 beim Zusammenstoß des Ozean-Dampfers „Titanic" mit einem Eisberg mehr als tausend Passagiere der drahtlosen Telegrafie ihr Leben verdankten.

Der Rundfunk ist heute etwa 30 Jahre alt, aber die drahtlose Telegrafie ist 20 Jahre älter. Die in aller Welt berühmt gewordenen Experimente von Prof. Heinrich Hertz mit elektromagnetischer Strahlung und seine theoretischen Erklärungen geschahen im Jahre 1888. Ein deutscher Uhrmacher kam damals auf den Gedanken, die Hertzsche Anordnung zum Übertragen von Telegrammen ohne die umständlichen Drähte zu benutzen, fand aber keine unternehmungslustigen Geldleute. Im Jahre 1897 begann jedoch ein junger Ingenieur, der von einem italienischen Vater und einer englischen Mutter abstammte, Guglielmo Marconi, solche Versuche erst in Italien, später in England, womit er bemerkliche Erfolge erzielte. Auch in Deutschland entschlossen sich Gelehrte zu solchen Versuchen, und zwar in Straßburg Prof. Ferdinand Braun und in Berlin - Charlottenburg Prof. Adolf Slaby mit seinem Assistenten Graf Georg von Arco. Ersterer fand Hilfe bei der Firma Siemens und Halske, letzterer bei der AEG. Die Braun-Siemens-Gesellschaft unternahm ihre Außen-Versuche an der Nordsee unter der Leitung von Dr. J. Zenneck, dem damaligen Assistenten Prof. Brauns. Die Slaby-Arco-AEG-Gesellschaft arbeitete in Berlin und an den Havelseen, dabei auch an der bekannten Heilandkirche in Sakrow, die im Jahre 1928 zum 25jährigen Firmen-Jubiläum von Telefunken mit einer bronzenen Erinnerungstafel geziert wurde.

Da die beiden Firmen in Konkurrenzkampf und Streit gerieten, schlug Kaiser Wilhelm II. eine Vereinigung vor. Sie geschah auch, und am 27. Mai 1903 wurde die je zur Hälfte AEG und Siemens & Halske gehörende Firma Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie gegründet, die somit heute auf ein 50jähriges Bestehen zurückblicken kann. Graf v. Arco war der einzige der vorgenannten Männer, der zu Telefunken übertrat; Prof. A. Slaby, Prof. Braun und Dr. J. Zenneck verblieben bei ihren Universitätslaufbahnen. Es sei daran erinnert, daß Prof. F. Braun auch der Erfinder der in Fachkreisen so wohlbekannten Braunschen Röhre ist, die heute als Fernseh-Bildwiedergaberöhre eine besondere Volkstümlichkeit in allen Erdteilen erlangt hat, und daß er im Jahre 1909 mit G. Marconi zusammen den Nobelpreis für Physik erhielt. Dr. J. Zenneck wurde 1906 o. Professor der Physik und Institutsdirektor an der TH-Braunschweig, anschließend an der TH-Danzig und schließlich an der TH-München, und ist heute im Alter von 82 Jahren Professor em., Geheimrat, Direktor des Deutschen Museums in München und Vorsitzender des Verbandes der deutschen Physikalischen Gesellschaften.

Telefunken erbaute 1906 für Übersee-Versuche eine Sendeantenne von 100 m Höhe, 40 km nordwestlich von Berlin. Hieraus entstand die weltbekannte Großstation Nauen mit später 260 m hohem Mast für die bis etwa 1925 benutzten Langwellen. Die erste Sendeart arbeitete mit Knallfunken, die den historisch bekannten unerhörten Lärm machten, die zweite mit tönenden Löschfunken nach dem System des Danziger Professors M. Wien. Die dritte Senderart war die Hochfrequenzmaschine von Epstein - Graf Arco und die vierte schließlich die Elektronen-Röhre, die in zwei Jahrzehnten alle anderen Systeme verdrängte und sich bis heute als das wichtigste Hilfsmittel der drahtlosen Telegrafie und Telefonie und darüber hinaus der gesamten Nachrichtentechnik erwies. Sie entstand aus der Verstärker-Röhre von R. von Lieben (1905), später vervollkommnet von E. Reisz und S. Strauß. Jedoch hat auch die Erfindung der Audion - Röhre von L. de Forest (1906) hierzu beigetragen.

Höchst wichtige Erfindungen auf diesem Gebiete waren die Hochfrequenzverstärkung von O. von Bronck (1911), die Reflexschaltung von O. von Bronck und W. Schloemilch (1912) und die Zwischenfrequenz - Überlagerung von Graf von Arco (1913). Was jedoch die Verstärkerröhre zum Sender macht, ist die Rückkopplungsschaltung, die von S. Strauß (1912) und A. Meißner (1913) erfunden und von Telefunken alsbald eingeführt wurde.

Die Entwicklung und Fertigung von Röhren für Sendung und Empfang und die Bearbeitung der für ihren Einsatz zweckmäßigen Schaltungen wurde eine wesentliche Aufgabe von Telefunken. Mehrere große Werke dienen auch heute noch ausschließlich dem Bau von Elektronenröhren für die verschiedenartigsten Zwecke.

Schon im ersten Weltkriege erwies sich die Hochvakuum - Elektronen - Röhre als Verstärker sowie als Sender äußerst wichtig und so vielseitig anwendbar, daß kurz nach Kriegsende auf Grund der Initiative von D. Sarnoff der Rundfunk in USA eingeführt wurde. In Deutschland dauerte dies etwas länger, denn hier wollten die Behörden dem damals recht abwegigen Vorschlag, daß Privatleute drahtlose Telegrafie abhören dürften, nicht gleich zustimmen. Dr. H. Bredow, vorher Vorstandsmitglied von Telefunken, im Jahre 1919 Staatssekretär geworden, wandte große Mühe auf, um den Rundfunk in Deutschland durchzusetzen, und im Jahre 1923 gelang es ihm schließlich. Dr. H. Bredow wurde Reichsrundfunkkommissar und später Präsident der Reichsrundfunkgesellschaft, bis die NSDAP ihn seines Amtes enthob.

Telefunken war die Besitzerin der umfassenden Patente, gab aber großzügig Lizenzen zur Rundfunk - Empfängerbau an zahlreiche Firmen, von denen viele kamen und gingen und etwa dreißig bis zum zweiten Weltkrieg bestehen blieben. Der Rundfunk nahm große Beliebtheit und Verbreitung an und ist ein wichtiger Faktor im Alltag des Volkes geblieben.

In den Jahren um 1925 erlebte die drahtlose Telegrafie eine naturwissenschaftliche Überraschung, und zwar die Entdeckung der außerordentlichen Ausbreitung der Wellen zwischen etwa 15 m und 100 m Wellenlänge über die Ionosphäre (ionisierte Luftschichten in 100 bis 500 km Höhe). Für den transozeanischen Telegramm- und Telefonieverkehr war das von umwälzender Bedeutung. Die Langwellenstation Nauen legte die Hochfrequenzmaschinensender von 400 kW Leistung zum alten Eisen und Kupfer und stellte alsbald auf Röhrensender um, denn nur solche können die obengenannten Kurzwellen rationell erzeugen.

(Schluß des Aufsatzes siehe nächste Seite)

Adolf Slaby

50 Jahre Telefunken

Zu den Gratulanten, die der 50jährigen Telefunken-Gesellschaft am 27. Mai ihre Glückwünsche überbringen, gehören Ingenieure und Techniker, Rundfunkhörer und Amateure, Fernsehteilnehmer, Diplomaten und Schwerhörige, Flugzeugbesatzungen und Weltraumfahrer, Wissenschaftler aller Disziplinen, verliebte Pärchen, die über hunderte von Kilometern hinweg heimliche Telefongespräche führen, Herzspezialisten und Faltbootfahrer. Sie alle bedienen sich der drahtlosen Technik, der Elektronik, der Röhren. Ein völlig neues Weltbild entstand durch die Arbeit Telefunkens, nicht geruhig, doch hinreißend und genial. Milliarden Röhren helfen in aller Welt, die Menschen allgegenwärtig, vielleicht glücklich zu machen. Millionen Schwingkreise, von den Forschern Telefunkens erdacht, reagieren auf Signale, die von anderen Ländern und Erdteilen, zum Teil sogar aus dem Weltraum stammen.

Am Anfang der Telefunken-Arbeit, die der nebenstehende Aufsatz des langjährigen wissenschaftlichen Leiters von Telefunken schildert, stand Adolf Slaby, geboren in Berlin am 18. April 1848 als dritter Sohn eines Buchbindermeisters. Im Auftrag des Kaisers wohnte Slaby der ersten öffentlichen Funkverbindung bei, die Marconi 1897 im Bristol-Kanal in England über 5 km durchführte. Noch im gleichen Jahr erzielte Slaby bei eigenen drahtlosen Versuchen zwischen Rangsdorf und Schöneberg bei Berlin eine Reichweite von 21 km. Kurz zuvor tat sich Slaby mit dem Grafen Arco zusammen, um das drahtlose System Slaby-Arco zu entwickeln.

Sechs Jahre später, am 27. Mai 1903, berichteten die Berliner Zeitungen: „Es ist heute eine G.m.b.H. unter der Firma Gesellschaft für drahtlose Telegraphie G.m.bH. mit einem Grundkapital von M. 300 000.— begründet worden, welch letzteres bei Bedarf bis zur Höhe von 1 Million vermehrt werden kann. Die Gesellschaft wird die unter den Namen Professor Braun und Slaby-Arco bekannten Systeme exploitieren und unter Mitwirkung der genannten Erfinder weiterentwickeln." Damit war die Telefunken-Gesellschaft entstanden, und die zusammengefaßten Kräfte der beiden großen Elektrofirmen AEG und Siemens & Halske begannen, die drahtlose Technik zu der wohl umwälzendsten aller technischen Entwicklungen zu führen.

Daß Telefunken auch in den kommenden Jahrzehnten wachsen und gedeihen und sein Wirken der Menschheit nur zum Segen gereichen möge, ist der heiße Wunsch aller Gratulanten.

50 Jahre deutsche Funk-Geschichte

(Fortsetzung von der vorhergehenden Seite)

In dem rauschenden Aufstieg des Rundfunks blieb aber dieser Umschwung vom Publikum fast unbemerkt, bis schließlich auch transozeanische Rundfunksender für kurze Wellen gebaut wurden (in Deutschland die berühmten Olympiade - Sender mit Richtstrahler nach Nordamerika, Südamerika, Afrika und Ostasien) und die Rundfunkempfänger „Kurzwellen - Bereiche" bekamen.

Im Rundfunkprogramm sind ja, wenn wir von der aktuellen Berichterstattung absehen, Musiksendungen die wichtigsten, und sie sind mit ihrem breiten Frequenzband (30 Hertz bis normalerweise 10 000 Hertz) von sehr vielen technischen Einzelheiten abhängig. Mikrofon, Verstärker, Röhren, Sendermodulation, Demodulation und schließlich Lautsprecher müssen alle ihr Teil beitragen, um eine gute Gesamtübertragung zu erreichen. Alle diese Einzelheiten sind auf Grund des enormen Rundfunkbedarfs in hervorragender Qualität entwickelt worden und haben eine erstaunliche Vervollkommnung der Elektroakustik bewirkt. Damit konnte Telefunken auch akustisch so komplizierte Aufgaben, wie die Lautsprecheranlage im Olympiastadion von Berlin und neuerdings in Helsinki, zur allgemeinen Bewunderung lösen.

Der nächste Fortschritt in der drahtlosen Telegrafie, das Fernsehen, ein alter Wunschtraum, zu dessen Erfüllung auch einige frühzeitige Erfindungen, so die Zerlegerscheibe von dem Deutschen Nipkow, beitrugen, nahm seinen Anlauf in den Jahren 1928 bis 1940. Die Funkausstellungen dieser Jahre zeigten schon viel vom Fernsehen, den Heimempfänger mit Unterhaltungsprogramm, Telefonie mit gegenseitigem Sehen, das Projektions-Großbild und das Fernsehkino. Während der Olympiade in Berlin (1936) entstand der erste öffentliche Fernsehversuchsbetrieb über zahlreiche Fernsehstuben. Kleine Serien von Heimempfängern wurden damals hergestellt und ausgegeben. Im Jahre 1938 wurde bereits der Volks - Fernsehempfänger mit rechteckiger Bildröhre gebaut, und regelmäßiger Fernsehbetrieb hatte in Berlin begonnen, als der zweite Weltkrieg ausbrach.

Militärische Zwecke auf dem Gebiete der drahtlosen Telegrafie stellten Telefunken vor gänzlich andere technische Aufgaben, als etwa der Rundfunk. Was für die drahtlose Industrie den Hauptunterschied zwischen Friedensbedarf und Kriegsbedarf ausmacht, ist die dringende Notwendigkeit, ja geradezu Lebensnotwendigkeit der sicheren Nachrichtenverbindung exponierter Stellen, wie es U-Boote oder Flugzeuge sind. Ein im letzten Krieg sehr wichtig gewordener Zweig, der aber Bedeutung für den Friedensverkehr behalten wird, ist die drahtlose Feststellung metallischer Gegenstände auf der Erdoberfläche, auf dem Meere oder in der Luft. In Deutschland nennt man diese Verfahren „Funkmeß", und deren geistiger Vater ist der Düsseldorfer Chr. Hülsmeyer (Patentanmeldung schon im Jahre 1904). Das Ausland hat die Bezeichnung „Radar" für derartige Verfahren geprägt.

All diese Entwicklungen wurden in Deutschland im Jahre 1945 abgebrochen, aber nach kurzer Lähmung regte sich wieder das Friedensprogramm, und auch Telefunken baute mit allen Kräften wieder auf. Der Krieg hat viele Fabriken zerstört, besonders stark in Berlin, aber andere traten an deren Stelle, so daß Telefunken in zwei Werken in Berlin, in einem in Hannover und einem in Ulm wieder auf allen Gebieten seiner Vorkriegsfertigung tätig sein kann. Auch die Auslandsbeziehungen sind wieder angeknüpft und zahlreiche Sender- u. a. Lieferungen zeigen, daß der alte Ruf der deutschen Weltmarke erhalten geblieben ist.

Die Nachkriegszeit brachte mit der Einführung des UKW-Rundfunks einen neuen Wellenbereich an die Öffentlichkeit. Ursprünglich nur Notbehelf wegen der Einschränkung der deutschen Rundfunkhoheit, führte die UKW zu einer wesentlichen Verbesserung in Klang und Störfreiheit und brachte die deutsche Technik weit voran. Telefunken hatte schon seit 1926 auf diesem Gebiete Erfahrungen gesammelt, konnte zahlreiche Sender bauen, entwickelte besondere Röhren dafür und stattete seine Empfänger mit UKW-Teil aus.

Daneben wurde die UKW-Technik und die seit 1931 in die Arbeit einbezogene Dezimeterwelle auch für andere Aufgaben der Nachrichtenübermittlung weiterentwickelt. Richtfunkstrecken entstanden, leichte tragbare oder fahrbare Funksprechanlagen fanden auch in der Industrie Eingang, und zur Übertragung des Fernsehens quer durch Deutschland konnte Telefunken die Dezimeter-Relaisstrecke Hamburg-Köln aufbauen.

Der Fernsehbetrieb in Deutschland hat Weihnachten 1952 wieder begonnen.

Die wenigen bisher fertiggestellten Sendestationen lassen einen erheblichen Auftrieb wohl noch nicht zu. Aber das große Publikum wird bald erkennen, daß in einem Lande mit 50jähriger Tradition der drahtlosen Telegrafie auch der Fernseh-Rundfunk technisch erstklassige Leistungen bietet.

Die Feier des Telefunken-Jubiläums

Die Feier des 50jährigen Bestehens begeht die Telefunken - Gesellschaft am Ort ihrer Gründung und ihres 50jährigen Wirkens, in Berlin, mit einem Festakt im Stadtverordnetensaal des Rathauses Berlin - Schöneberg am 27. Mai. Nach einer Begrüßung durch den Vorsitzer des Vorstandes, Dr.-Ing. H. Heyne, und einer Ansprache des Bürgermeisters von Berlin, Dr. W. Schreiber, hält der Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen, Dr. - Ing. E. h. H. Schuberth die Festrede. Prof. Dr. Dr. Ing. E. h. Rukop spricht anschließend über 50 Jahre Telefunken - Technik. Der Festakt führt alle Freunde Telefunkens, die Spitzen der Behörden, die führenden Fachleute des In- und Auslandes mit den Mitarbeitern der Gesellschaft zusammen.

Die Rundfunkteilnehmerzahl

am 1. April 1953

Bundesrepublik	11 106 604
West-Berlin	683 953
Insgesamt	11 790 557
Davon Neuanmeldungen (ohne West-Berlin)	124 567
Erloschene Genehmigungen	89 218
Zunahme der Teilnehmerzahl im April	35 349
Zum Vergleich: Zunahme im Februar 1953	62 920

Deutsche Studienreisegesellschaft

Wollen Sie den technischen und organisatorischen Aufbau des französischen Fernsehfunks aus eigener Anschauung kennenlernen, oder wünschen Sie, unter fachkundiger Leitung Elektrofirmen in Italien zu besichtigen?

Die Deutsche Studienreisegesellschaft zur Förderung des Austausches wirtschaftlicher und kultureller Beziehungen führt auf gemeinnütziger Grundlage auch 1953 wieder zahlreiche Reisen durch, auf denen unmittelbare Einblicke in ausländische Firmen und Institute geboten werden. Die Reisen werden auf das beste vorbereitet, so daß jede Sorge um Unterkunft, Verpflegung usw. entfällt.

Zahlreiche maßgebende Betriebe des In- und Auslandes sind Mitglieder der Studienreisegesellschaft. Staatliche Stellen fördern in jeder Weise diese Bestrebungen, die zur Vertiefung der geistigen und wirtschaftlichen Arbeit beitragen. Ausführliche Informationen gibt die Deutsche Studienreisegesellschaft, Nürnberg, Veillodterstraße 1.

Neue Schallplattennormen in Arbeit

Um den Anforderungen des Plattenwechslerbetriebes besser zu entsprechen, hat der zuständige Fachnormenausschuß die Überarbeitung der vorhandenen Normblätter über die Abmessungen von Schallplatten in Angriff genommen. Hierbei handelt es sich um Festlegungen über die Dicke der Platten, über die Ausbildung des Mittelloches, über die Planparallelität beider Plattenseiten sowie über die genauen Maße des Plattenrandes. Auf diese Weise erhält die Industrie die Möglichkeit, bessere, einfachere und damit billigere Plattenwechsler zu entwickeln, deren Mechanismus infolge der genauen Plattenabmessungen einwandfrei und exakt arbeitet.

Ingenieur Anton Kathrein 65 Jahre

Kathrein-Antennen sind zu einem Begriff in der Funkindustrie geworden. Bereits 1919 gründete Anton Kathrein sein Unternehmen. Zunächst wurden Blitzschutzeinrichtungen für Niederspannungs - Freileitungen hergestellt, und mit der Einführung des Rundfunks wurde das Fertigungsprogramm auf Antennen und Antennenzubehör erweitert. 1928 wurde eine Kunststoff-Presserei eingerichtet. Seitdem werden fast alle Metall- und Isolierteile für das umfangreiche Fertigungsprogramm im eigenen Betrieb hergestellt. Das Unternehmen beschäftigt heute rund 200 Leute und unterhält ein eigenes Entwicklunglaboratorium mit einem Spezial-Antennenmeßfeld am Fuße des Wendelsteins.

Am 22. April dieses Jahres beging Anton Kathrein in voller Rüstigkeit und Schaffenskraft seinen 65. Geburtstag. Als alleiniger Betriebsinhaber sowie als Vorsitzender der im ZVEI zusammengefaßten Antennen-Fabriken wird er weiterhin maßgebenden Einfluß auf die Fortschritte der Antennentechnik nehmen.

Keine Rückgabe alter Schallplatten mehr

Da immer weniger alte Schallplatten zurückgegeben werden und die Verrechnung unbequem ist, verzichtet die Teldec-Schallplattengesellschaft ab 1. April 1953 auf Altmaterial-Rückgabe. Die Preise für die Schelllack-Schallplatten ihrer Marken Telefunken, Decca und Capitol wurden zum Ausgleich geringfügig erhöht.

Flugfunkortung

Anläßlich der internationalen Tagung in- und ausländischer Fachleute auf dem Gebiet der Flugfunkortung vom 15. bis 17. April 1953 in Frankfurt/Main fand in der Paulskirche eine Ausstellung statt, bei der u. a. Geräte des Decca-Navigationsverfahrens gezeigt wurden. Telefunken führte ferner eine Hafen-Radaranlage in Betrieb vor.

Neue Fernsehkurse

Die Ausbildung in der Fernsehtechnik beim Fachpersonal im Handel wird von den meisten Fernsehempfängerfirmen planmäßig ausgebaut. So hat Telefunken in letzter Zeit Lehrgänge in Hamburg, Hannover und Düsseldorf abgehalten. Demnächst werden auch Frankfurt/Main und Stuttgart folgen.

Transistor - selbstgebaut

Aus technischen Gründen kann dieser in Heft 9 angekündigte Aufsatz erst in Heft 11 erscheinen.

FUNKSCHAU
Zeitschrift für Funktechniker

Herausgegeben vom
FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN
Verlag der G. Franz'schen Buchdruckerei G. Emil Mayer

Erscheint zweimal monatlich, und zwar am 5. und 20. eines jeden Monats. **Zu beziehen** durch den Buch- und Zeitschriftenhandel, unmittelbar vom Verlag und durch die Post.

Monats-Bezugspreis für die **gewöhnliche Ausgabe** DM 1.60 (einschl. Postzeitungsgebühr) zuzüglich 6 Pfg. Zustellgebühr; für die **Ingenieur - Ausgabe** DM 2.— (einschl. Postzeitungsgebühr) zuzügl. 6 Pfg. Zustellgebühr. Preis des Einzelheftes der gewöhnlichen Ausgabe 80 Pfennig, der Ing.-Ausgabe DM 1.—.

Redaktion, Vertrieb u. Anzeigenverwaltung: Franzis - Verlag, München 22, Odeonsplatz 2. — Fernruf: 2 41 81. — Postscheckkonto München 57 58.

Berliner Geschäftsstelle: Berlin - Friedenau, Grazer Damm 155. — Fernruf 71 67 68 — Postscheckkonto: Berlin-West Nr. 622 66.

Berliner Redaktion: O. P. Herrnkind, Berlin-Zehlendorf, Schützallee 79. Fernruf: 84 71 46.

Verantwortlich für den Textteil: Ing. Otto Limann; für den Anzeigenteil: Paul Walde, München. — Anzeigenpreise n. Preisl. Nr. 7.

Auslandsvertretungen: Belgien: De Internationale Pers, Berchem-Antwerpen, Kortemarkstraat 18. — Niederlande: De Muiderkring, Bussum, Nijverheidswerf 19-21. — Saar: Ludwig Schubert, Buchhandlung, Neunkirchen (Saar), Stummstraße 15. — Schweiz: Verlag H. Thali & Cie., Hitzkirch (Luzern).

Alleiniges Nachdrucksrecht, auch auszugsweise, für Österreich wurde Herrn Ingenieur Ludwig Ratheiser, Wien, übertragen.

Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, (13 b) München 2, Luisenstr. 17. Fernsprecher. 5 16 25.
Die FUNKSCHAU ist der IVW angeschlossen.

Vom Detektor zur Halbleitertriode

Von Dr. W. Engbert

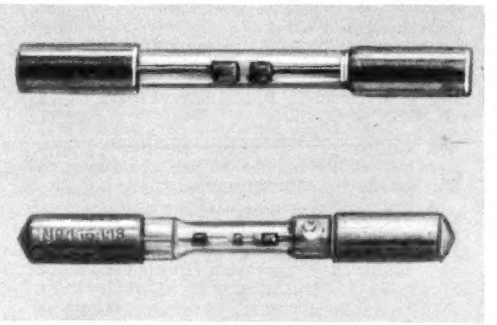
Die Entwicklung der Radio- und Fernsehtechnik, in Deutschland von Telefunken maßgebend beeinflußt, ist ein Spiegelbild der Entwicklung an Elektronenröhren. Wenn der nachstehende Jubiläums-Aufsatz, den wir der Röhrenentwicklung Telefunkens verdanken, nicht das Thema „Röhren" zum Gegenstand hat, sondern an dem der Halbleiter den Bogen der fünfzigjährigen Telefunken-Geschichte spannt, so ist dies einer der wunderbaren und unbegreiflichen Vorgänge in der modernen Physik, die das längst Vergessene plötzlich in neuem Licht erscheinen lassen.

Klein und unscheinbar sieht er aus, der alte Detektor, der in der Geschichte der Hochfrequenz keineswegs eine untergeordnete Rolle gespielt hat. Lange bevor es Röhren gab und man noch nichts von Leistungsverstärkung beim Empfänger wußte, war er auf den Plan getreten (Popoff 1895) und, durch Ferdinand Braun 1905 eingeführt, der wichtigste Teil des „Hörempfängers" geworden. Als Schaltelement, das keine Batterie brauchte, das auch bei Frequenzen noch arbeitete, bei denen die Röhre versagte, hat sich der Detektor behaupten können. Er war es, der in Gestalt des Siliziumdetektors den Mischkopf der Radarempfänger bildete, die — auf Wellenlängen von 9 cm und 3,2 cm arbeitend — bekanntlich die Wende im U-Bootkrieg brachten.

Der Detektor verdankt seine Entstehung den elektrischen Erscheinungen an Berührungskontakten, die bereits im Kohlemikrofon ausgenutzt wurden. Als man vor der Aufgabe stand, die Hochfrequenz nachzuweisen und meßtechnisch zu erfassen, wendete man das Prinzip des Berührungskontaktes wieder an. Es entstanden so Fritter und Kontaktdiode. Kein Wunder, daß man für das Auftreten des Gleichrichtereffektes den Berührungskontakt verantwortlich machte. Die Instabilität der Detektoren schien in der Natur dieses Kontaktes zu liegen, weshalb nach neuen Wegen gesucht wurde. So entstand gleichzeitig mit der Gründung von Telefunken, wo man exakte Hochfrequenzmessungen durchführen wollte, die Schloemilchzelle. Sie besteht aus zwei Platinelektroden, die in verdünnte Schwefelsäure tauchen, und sie zeigte bereits damals, was uns heute geläufig ist: Der Gleichrichtereffekt ist auch ohne Berührungskontakt in dem üblichen Sinne möglich. Diese Tatsache wurde auch offenbar, als man lernte, Selen- und Kupferoxydulgleichrichter zu bauen, und als man — vor allem in der modernen Diodenentwicklung — anfing, die Spitze der Halbleiterdiode auf dem Kristall festzuschweißen. Normaldioden werden bereits mit Platinspitzen und Spezialdioden mit Goldspitzen geliefert, deren Spitzen mit dem Germaniumkristall fest verbunden sind.

Die Schloemilchzelle zeigte also den bei den Detektoren störenden Einfluß des Kontaktdruckes nicht, aber dafür ein Merkmal, das typisch für die Detektoren ist: die Spitze. Eine der Platinelektroden war nämlich nur mit einer kurzen Spitze mit der Säure in Kontakt. Heute wissen wir, daß zur Erzielung einer Gleichrichtung in einem Metall-Halbleitersystem eine Spitze grundsätzlich nicht notwendig, jedoch zur Erreichung der kleinstmöglichen inneren Kapazität des Gleichrichters erforderlich ist. Diese Kapazität liegt leider in Serie mit einem inneren Widerstand in dem Kristall, so daß ein „Wegstimmen" der inneren Kapazität nicht möglich ist. Sie schließt daher bei sehr hohen Frequenzen die Gleichrichterstrecke, die dieser Kapazität parallel liegt, praktisch kurz. Detektoren für hohe Frequenzen müssen also immer Spitzen- bzw. sehr kleine Schweißkontakte besitzen. Die Schloemilchzelle brachte als drittes eine Schaltmaßnahme, die später bei den Röhren allgemein und bei den Kristalldioden in speziellen Fällen getroffen wurde: Durch eine regelbare Vorspannung wurde ein günstigster Arbeitspunkt eingestellt, in diesem Fall für eine beste Gleichrichterwirkung der Punkt der stärksten Kennlinienkrümmung.

Trotz der großen Hilfe, die die Schloemilchzelle damals darstellte, setzte sich doch bald der einfachere Kristalldetektor durch, wie ihn Braun angegeben hatte. Fußend auf seiner Entdeckung aus dem Jahre 1874, daß einige Metallsulfide und -Oxyde einen von der Stromrichtung abhängigen elektrischen Widerstand zeigten, baute er den Bleiglanzdetektor mit einer angefederten Graphitspitze. Damit ist bereits Grundform und Grundbestandteil auch der modernen Halbleiterdiode gegeben, vor allem der Kristall mit Halbleitereigenschaften. Erst in den letzten Jahren hat dieser Begriff einen so weiten Inhalt bekommen, daß fast alle Erscheinungen der Kristall-Elektronik gemeistert werden konnten. Vorher jedoch, in der langen Zeit, als die Röhre das überraschende Wort sprach und trotzdem bei dem Detektor darum gerungen wurde, alle bei ihm auftretenden Effekte zu verstehen, zeigte er eine solche Fülle unverständlicher Eigenschaften, daß



Fritter aus der Anfangszeit der drahtlosen Technik

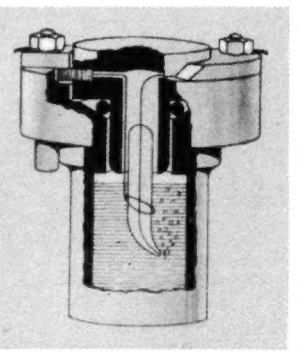
er rechnerisch nicht erfaßt werden konnte. Da war zum Beispiel die große Temperaturabhängigkeit der Gleichrichtereigenschaften, die man an Bleiglanz-, Silizium- und Karborunddetektoren 1916 studierte, so daß man den Schluß zog, es handele sich bei dem Gleichrichtereffekt um die Umwandlung der elektrischen Energie in eine Thermospannung. Ganz so abwegig war diese Auffassung allerdings nicht, denn bei allen Gleichrichtern ist eine Spannung in der Sperrzone des Kristalls vorhanden, nämlich dort, wo ein schneller Übergang von unterschiedlich gedoptem[1]) Kristall vorhanden ist. Durch das Dopen von Kristallbereichen befinden sich hier unterschiedliche Elektronenmengen so, als ob die Bereiche eine unterschiedliche Temperatur besäßen. Am Grenzübergang bildet sich dann die „Thermospannung" aus.

Die Spitzendioden geben auch heute noch Anlaß zu Diskussionen, obwohl man gelernt hat, die vielen sich überlagernden Effekte zu trennen und das, was in dem Kristall sich abspielt, von dem zu unterscheiden, was von der Oberfläche des Kristalls herrührt. Der Erfolg war, daß der Flußstrom, die Sperrspannung und der Sperrstrom um Größenordnungen verbessert werden konnten, alles auf Grund einer intensiven Halbleiterforschung, die der Triode zuliebe gemacht wurde.

[1]) Mit Dopen bezeichnet man es, wenn einem reinen Material (Germanium) Spuren eines Fremdmaterials in gewollter Konzentration beigemischt werden.

Ein Begriff ist hierbei wichtig geworden: die Lebensdauer oder die Reichweite der Ladungsträger im Kristall. Der Halbleiter besitzt stets eine gleiche mittlere Elektronenkonzentration, die er einzuhalten sucht, auch wenn man zusätzliche Elektronen hineinfließen läßt oder ihm welche entzieht. Die unnatürliche Konzentration hält sich nur eine gewisse Zeit (Lebensdauer) oder die Elektronen können nur eine gewisse Strecke (Reichweite) ungehindert durchlaufen. Durch die Reichweite ist nun die Zone in dem Kristall gegeben, die bei dem Gleichrichtereffekt mitwirkt. Sie hängt sehr stark von den Zusätzen an Fremdatomen ab, die dem Kristall gewollt oder ungewollt eingegeben wurden, bei sehr sauberem Germanium beträgt die Reichweite über 2 mm. Da bei den früheren Kristallen ein Reinigungsprozeß nicht vorgenommen wurde, ist anzunehmen, daß die Gleichrichtung der alten Detektoren in einer sehr schmalen Zone nahe der Kristalloberfläche stattfand. Schon bei wenigen Volt Sperrspannung versagte im allgemeinen der Detektor, die Sperrströme wurden zu groß und es erfolgte bald ein elektrischer Durchschlag. Heute baut man Spitzendioden mit Sperrspannungen über 300 Volt und Flächendioden, die erst bei 1000 Volt durchschlagen. Diese Dinge hängen aber nur indirekt von der Reichweite der Elektronen im Kristall ab, viel wesentlicher ist die Hochohmigkeit in der Sperrphase. Letztere wird ja dadurch erreicht, daß beim Anlegen der Sperrspannung der Kristall von Elektronen, welche die Leitfähigkeit verursachen, leergepumpt wird. Je dicker nun die Kristallzone ist, die so von Elektronen entblößt werden kann — das wird durch die oben definierte Reichweite bestimmt —, um so hochohmiger ist der Gleichrichter in der Sperrphase. Sperrströme kleiner als 5 µA bei 50 Volt und dementsprechend 10 MΩ Widerstand und mehr sind durchaus erreichbar.

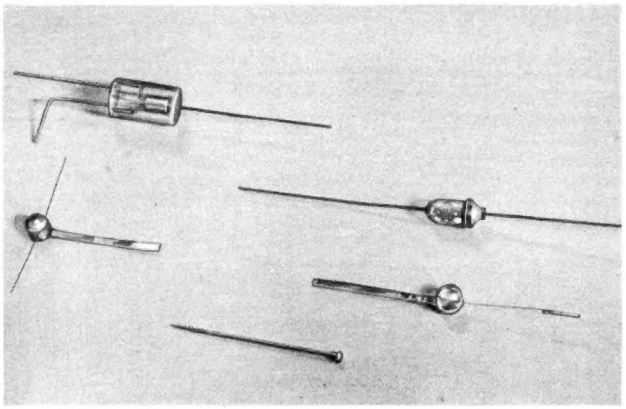
Aber auch die Flußrichtung der Diode gewann durch die moderne Entwicklung. Während die alten Detektoren bei +1 Volt einen Flußstrom von einigen Milliampere hatten, gelingt es heute, mehr als 100 mA bei der gleichen Spannung zu erzielen. Die Spitze besteht hier aus Gold, das mit Gallium oder Indium legiert ist. Durch einen besonderen Formierprozeß, bei dem die Spitze sehr heiß wird, legiert diese Spitze mit dem Germanium und bildet einen Übergang, der einen sehr starken Flußstrom zur Folge hat. Es sei hier eingefügt, daß ein Festschweißen der Spitze aus



Schloemilch-Zelle (1902 bis 1907)

Stabilitätsgründen nicht notwendig ist. Die Germaniumdioden machen alle einen ähnlichen Formierprozeß durch, bei dem lediglich das Germanium unter der Spitze schmilzt und so eine Senke bekommt, in der die Spitze, federnd angedrückt, fest und sicher gehalten wird.

Den großen Erfolgen in dem Verhältnis Fluß- und Sperrstrom folgte aber bald die Erkenntnis, daß diese Dioden bei sehr hohen Frequenzen nicht so gut waren, ja,



Germanium-Dioden und Spitzen-Transistoren (Muster aus der Entwicklung Telefunken). Die winzigen Abmessungen sind an der mit abgebildeten Stecknadel zu erkennen

sogar noch schlechter waren als z. B. der alte Siliziumdetektor. Hier zeigte sich, daß das Mithineinbeziehen großer Kristallbezirke für den Gleichrichtereffekt bei hohen Frequenzen nachteilig war. Bei sehr plötzlichem Wechsel von der Fluß- in die Sperrichtung mußte diese große Zone ebenso schnell wechselnd mit Elektronen gefüllt oder von Ladungsträgern entleert werden, ein Vorgang, dem seitens des Kristalls Hemmnisse in den Weg gelegt werden, die heute noch nicht geklärt sind. Deshalb verzichtet man u. a. auf Reichweite und damit auf Hochohmigkeit in der Sperrphase und baut die Dioden für Höchstfrequenzen mit Kennlinien, die sich nicht wesentlich von denjenigen des alten Detektors unterscheiden. So schließt sich ein Kreis von dem alten Detektor über die moderne Halbleiterdiode für allgemeine Zwecke bis zur Höchstfrequenzdiode, die uns heute wieder ebenso viel Kopfzerbrechen macht, wie es damals der alte Detektor tat.

Einige wesentliche Dinge sind aber bei diesem „Kreislauf" hängen geblieben:

1. Das äußere Gewand der Diode. Man weiß jetzt, daß der Gleichrichter luftdicht nach außen abgeschlossen sein muß, denn die meisten Instabilitäten des Detektors rührten von dem Einfluß der Atmosphäre her. Auf der Oberfläche des Kristalls wirken chemisch-physikalisch geringste Spuren von Fremdstoffen, wie z. B. auch Feuchtigkeit, vor denen sich zu schützen die größten Anstrengungen gemacht werden. Angefangen vom Schließen der Gehäuseporen mit Wachs geht der Weg bis zum vakuumdichten Zulöten oder Einschmelzen.

2. Die Halbleiterdiode ist heute kein Zufallsprodukt mehr, man kann die Kennlinien in einem gewissen Rahmen so herstellen, wie man sie speziell für den jeweiligen Zweck haben will, und zwar durch entsprechende Wahl des Halbleitermaterials, der Spitze und des Fertigungsverfahrens.

Die wichtigsten Halbleiter-Erfahrungen, die die Diode soweit vorangebracht haben, sind jedoch aus den Untersuchungen im Zusammenhang mit der Triode hervorgegangen. Als Bardeen und Brattain 1948 ihren Spitzentransistor beschrieben, der erstmalig den Beweis brachte, daß auch die Elektronenbewegung im Kristall gesteuert werden konnte, setzte sofort eine intensive Forschungstätigkeit auf dem Halbleitergebiet ein, die auch heute noch anhält. Man hatte hier wieder wie bei der Spitzendiode den relativ einfachen Aufbau, nur daß statt einer Spitze zwei dicht nebeneinander auf den Kristall gesetzt wurden; der Klärung der inneren Vorgänge setzten sich jedoch auch hier viele Schwierigkeiten in den Weg, mehr als der zweiten Ausführungsform dieser Trioden, dem später gebrachten Flächentransistor (Shockley). Es klingt sehr einfach, wenn man vom Spitzentransistor erklärt: Er besteht aus zwei Dioden, die miteinander in Verbindung stehen. Die eine Spitze bekommt eine positive Spannung, sie arbeitet im Flußgebiet und zieht daher bei kleinen Steuerspannungen große Ströme. Die andere Spitze erhält eine große negative Spannung, sie arbeitet im Sperrgebiet und zieht also nur sehr kleine Ströme. Durch die große Nähe der beiden Diodensysteme fließt der Flußstrom der Steuerspitze vom System 1 z. T. auch durch das zweite System und steuert dieses damit aus. Geht man aber auf die Einzelheiten dieser Aussteuerung ein, z. B. die Tatsache, daß der Strom im zweiten System in Wirklichkeit nicht kleiner als im ersten, was man erwarten sollte, sondern um einen Faktor α ($\sim 2{,}5$) größer ist, so genügt diese einfache Erklärung nicht mehr. Man muß schon Näheres darüber wissen, was für Ladungsträger vorhanden sind und wie sie sich in dem Kristall bewegen und was sie für Raumladeeffekte hervorrufen. Bei dem Spitzentransistor bewegen sich bei positiver Spitze die Elektronen im Kristall nicht zur Spitze hin, wie man zunächst annehmen würde, sondern es bewegen sich Defektelektronen oder „Löcher" (das sind fehlende Elektronen im Gitterverband) von der Spitze weg in den Kristall hinein. Man sagt: Die Spitze, in Flußrichtung geschaltet, injiziert Löcher. Das ist der Steuerstrom, der in die Nähe der zweiten Spitze gelangt. Diese ist aber negativ geschaltet und injiziert Elektronen in den Kristall hinein, wenn auch in geringer Menge. Die ankommenden Löcher rufen einen Elektronenstrom hervor, so, als würde dieser von der zweiten Spitze in den Kristall hinein injiziert, der sogar stärker ist, als der ankommende Löcherstrom. Die Löcher bedeuten nämlich, je dichter sie sind und je länger sie sich in der Nähe der zweiten Spitze aufhalten, nicht eine Raumladung, die hemmend wirkt, sondern vielmehr eine Raum„ent"-ladung für die Elektronen. So entsteht in der zweiten Diode der um den Faktor α größere Strom als in der Steuerdiode. α ist eine typische Größe des Spitzentransistors, die erfreulicherweise mithilft, die Verstärkung des Spitzentransistors zu vergrößern, ihn aber auch instabil machen kann.

Die Aussteuerung ist nicht leistungslos, wie bei der Röhre; man muß mit einem relativ niedrigen Eingangswiderstand rechnen, denn die Steuerdiode ist ja in Flußrichtung geschaltet (R_E ca. 400 Ω).

Die Abnahmeseite des Transistors enthält eine in Sperrichtung geschaltete Diode. Im Gegensatz zur Röhre ist deren Sperrwiderstand nicht unendlich. Es fließt ein Reststrom, der den Stromaussteuerbereich verkleinert [2]).

Die Weiterentwicklung führte zum Flächentransistor, bei dem die Elektroden fest anlegiert sind. Hier kann der Reststrom äußerst klein gehalten werden und — was bei keiner Röhre möglich ist — die Restspannung ist praktisch gleich Null. Die Größe α wird nie größer als 1, weil die Spitzenwirkung fortfällt.

Wenn $\alpha = 1$ wäre, entspräche dieser Transistor in seinem Steuerleistungsbedarf der Röhre, vorausgesetzt, daß die Kristallbasis als Steuerelektrode geschaltet ist. Tatsächlich ist auch der Flächentransistor so gebaut, daß die mittlere gemeinsame Zone für die beiden Diodenstrecken sehr schmal ist, damit sie möglichst wenig Elektronen auffängt. Der Flächentransistor läßt sich dann ähnlich wie die Röhre in einer Gitter-, Katoden- oder Anodenbasisschaltung betreiben, um damit die Eingangs- und Ausgangswiderstände des Transistors den Erfordernissen der Schaltung anzupassen. Damit besitzt der Flächentransistor wesentliche Vorteile gegenüber dem Spitzentransistor. Trotzdem wird der Spitzentransistor seine Stellung behaupten, weil er etwas leichter herzustellen ist und weil seine Frequenzgrenze etwa eine Größenordnung höher liegt, als beim Flächentransistor, dessen obere Frequenzgrenze etwa 1 MHz beträgt (die durch eine Halbleitertetrode bereits wesentlich heraufgesetzt wurde).

Bei allen Transistoren und bei den meisten Dioden ist als Halbleitermaterial Germanium verwendet worden, weil es sich am leichtesten so reinigen läßt, wie es die Halbleiter-Elektronik erfordert. Die Erfahrungen hier können auf andere Halbleiter übertragen werden, was man bereits mit Silizium getan hat. Man weiß, daß man dadurch den Temperaturbereich, in dem der Transistor noch brauchbar ist, erweitern kann, denn aus Germanium hergestellt dürfen sie nur bei einer Umgebungstemperatur bis 75 ° C betrieben werden. Die moderne Germaniumtriode befriedigt jedoch bereits die meisten Anforderungen der Geräteseite, die im Begriffe ist, die neuen Möglichkeiten, die sich hier bieten, auszuschöpfen.

Es ist ein neues Ding, diese Halbleitertriode — keineswegs eine Röhre, bei der man die Heizung weggelassen hat, sondern ein sehr eigenwilliges Gebilde sowohl für die Hersteller- als auch für die Schaltungsseite.

[2]) Siehe z. B. die Restspannung beim Aussteuern einer Röhre.

Kristalldetektoren - Dioden - Trioden

Art	Material	Zeit	Eigenschaften
Kristalldetektor	Bleiglanz/Graphitspitze Silizium Karborund/Metallspitze Pyrit Rotzinkerz/Kupferkies	1905 bis 1925	Instabil, da ohne Luftabschluß; nur geringe Spannungen, da keine Spannungsfestigkeit.
Schloemilchzelle	Säure/Platinspitze	1902 bis 1907	Umständlich in der Handhabung. Erste quantitative Hf-Messungen. Reproduzierbare Meßergebnisse, weil eindeutiger Kontakt.
Kupferoxydulgleichrichter	Kupferoxydul (Sirutor)	1925 bis 1940	Zu große Kapazität, damit zu große Kapazitätsänderung in Abhängigkeit von der Amplitude, geringe Spannungsfestigkeit pro Zelle. Zur Gleichrichtung höherer Spannungen waren mehrere Zellen hintereinandergeschaltet.
Siliziumdetektor	Silizium/Metallspitze	1905 bis heute	Schlechte Sperrkennlinie, aber für Höchstfrequenz verwendbar.
Germaniumdetektor	Germanium/Metallspitze	1935 bis heute	Kleine Kapazitäten, hohe Sperrspannungen, hohe Flußströme, Eignung für hohe Frequenzen.
Spitzentransistor	Germanium/Metallspitze	1948	Verstärkung bis 10 MHz, Reststrom.
Flächentransistor	Germanium/—	1949	Verstärkung bis 1 MHz, sehr kleiner Reststrom, Restspannung praktisch gleich Null.

Die drahtlose Fernsteuerung von Modellen

Am 11. 4. 1953 wurden im Amtsblatt des Bundesministers für das Post- und Fernmeldewesen die Bestimmungen über die Erteilung von Genehmigungen für die Errichtung und den Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen veröffentlicht.

Damit ist der drahtlosen Technik in Deutschland ein neues Gebiet erschlossen, das auch für die Industrie von Bedeutung werden wird. Sowohl nach Einzelteilen, wie z. B. den dafür benötigten Spezialrelais, wie auch nach fertigen serienmäßigen Fernsteueranlagen wird bald eine lebhafte Nachfrage einsetzen. Wer sich rechtzeitig diesen Wünschen anpaßt, darf auf einen sehr interessierten und beständigen Kundenkreis rechnen.

Erfreulicherweise sind die Bedingungen recht entgegenkommend gehalten, so daß damit den deutschen Funkamateuren und Modellsportlern das reizvolle Gebiet der drahtlosen Modellsteuerung erschlossen wird. Wir bringen deshalb im Anschluß zwei Arbeiten, die sich mit den grundlegenden Einzelheiten dieser Technik befassen, und geben nachstehend die Bestimmungen hierfür aus dem Amtsblatt im Auszug wieder:

I. Die Errichtung und der Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen sind genehmigungspflichtig. Unter Modellen sind Flug-, Schiffs- und Eisenbahn - Modelle sowie sonstige Modellfahrzeuge zu verstehen, die ausschließlich sportlichen Zwecken dienen.

II. Die Genehmigung wird von der für den Wohnsitz des Antragstellers zuständigen Oberpostdirektion erteilt.

III. Für Sender und Empfänger sind die Frequenzen

13 560 kHz ± 0,05 % oder
27 120 kHz ± 0,6 % oder
465 MHz ± 0,5 %

zur Zuteilung vorgesehen. Eine dieser Frequenzen teilt die zuständige Oberpostdirektion dem Antragsteller zu.

IV. Für serienmäßig hergestellte Geräte kann eine technische Prüfung auf Einhaltung der technischen Auflagen und die Erteilung eines Prüfgutachtens beim Fernmeldetechnischen Zentralamt in Darmstadt beantragt werden. Über die Kosten für eine technische Prüfung erteilt das Fernmeldetechnische Zentralamt in Darmstadt Auskunft.

Die Genehmigung berechtigt lediglich zur Errichtung und zum Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Flug-, Schiffs- und Eisenbahnmodellen sowie sonstigen Modellfahrzeugen, die ausschließlich sportlichen Zwecken dienen. Für Nachrichtenzwecke (Telegrafie- oder Sprechfunk) dürfen die Funkanlagen nicht verwendet werden.

Die Funkanlagen dürfen nur von der in der Genehmigungsurkunde bezeichneten Person errichtet und betrieben werden.

Die hochfrequente Ausgangsleistung des Senders darf 5 Watt nicht überschreiten. Sender mit der Frequenz 13 560 kHz müssen quarzgesteuert sein. Die Feldstärke der Oberwellen und Nebenwellen der jeweils zugeteilten Frequenz darf den Effektivwert von 30 µV/m im Abstand von 30 m vom Sender (im Freien gemessen) nicht überschreiten. Das gilt auch für die Ausstrahlungen des Empfängers.

Werden die Funkanlagen durch eine Fernmeldeanlage, die öffentlichen Zwecken dient, oder durch andere ordnungsmäßig betriebene Funkanlagen gestört, so ist es Sache des Inhabers der Genehmigung, seine Anlagen auf seine Kosten so zu gestalten, daß sie nicht beeinträchtigt werden.

Der Inhaber der Genehmigung ist für jeden Mißbrauch der Funkanlagen, auch durch Dritte, verantwortlich. Bei Minderjährigen haftet der Erziehungsberechtigte.

Die Gebühr für die Genehmigung einer Sende/Empfangsanlage, bestehend aus einem Sender und einem Empfänger, beträgt jährlich 10 DM. Für jeden zusätzlichen Empfänger sind jährlich 3 DM zu entrichten. Die Gebühren werden für ein Jahr erhoben, auch wenn die Genehmigung nur für einen kürzeren Zeitraum beantragt wird oder vor Ablauf eines Jahres durch Verzicht oder Widerruf erlischt. Die erste Gebühr ist bei Erteilung der Genehmigung fällig.

Die Genehmigung erlischt, wenn der Inhaber auf sie verzichtet oder die DBP sie wegen Verstoßes gegen die Bestimmungen widerruft. Verzicht und Widerruf sind an keine Frist gebunden. Nach Erlöschen der Genehmigung sind die Funkanlagen unverzüglich außer Betrieb zu setzen. Die Genehmigungsurkunde ist der Stelle zurückzugeben, von der sie ausgestellt worden ist.

Die Bestimmungen können jederzeit geändert oder ergänzt werden. Dadurch gegebenenfalls erforderlich werdende Änderungen seiner Funkanlagen hat der Inhaber der Genehmigung, falls er die Anlagen weiterbetreiben will, auf seine Kosten vornehmen zu lassen.

Die Funk-Fernsteuerung von Flugmodellen

Der Modellsport ist heute in vielen Ländern nicht mehr nur ein Steckenpferd einzelner mehr oder weniger begabter Bastler, sondern ein ausgesprochener Volkssport. Vor allem in den großen Industriestaaten wird er von hunderttausenden Menschen jeden Alters und Geschlechts betrieben. Der Wert des Modellsportes für die technische Vorbildung der Jugend, der Gewinn zahlreicher Erfahrungen und deren Nutzung auf verschiedenen Gebieten der Großtechnik wurden von der Industrie und den Regierungen erkannt und es wurde eine großzügige Förderung des Modellsportes eingeleitet. In Deutschland war der Modellsport durch den Kriegsausgang nahezu unterbrochen und erst mit der Lockerung der Besatzungsbestimmungen setzte eine neue Entwicklung ein, die zu größten Hoffnungen berechtigt.

Das Streben des Modellsportlers, stets die Fortschritte der Technik in seinen Bauten zu berücksichtigen, veranlaßt ihn, alle technischen Errungenschaften weitgehend anzuwenden. So ist es nicht verwunderlich, daß ganz besonders die Funktechnik zu einem wichtigen Hilfsmittel des Modellsportlers geworden ist. Nur auf dem Funkweg kann man ein Modell vom festen Standpunkt aus nach Belieben in jede Richtung hin lenken. Die Gefahr, daß normale Schiffs- oder Flugmodelle durch Wegschwimmen oder Entfliegen verloren gehen können, macht den Wunsch des Modellsportlers verständlich, sein Modell durch Funksteuerung fernzulenken.

Infolge der besonders starken Verbreitung des Modellsportes in den USA und in England ist die Anwendung der Funk-Fernsteuerung für Modelle dort so umfangreich, daß die erforderlichen Geräte bereits von zahlreichen Firmen serienmäßig hergestellt werden und der Modellsportler das fertige Gerät kaufen, einbauen und in Gebrauch nehmen kann. Die Bestimmungen zur Benutzung von Funk-Fernsteuerungen für Modelle sind in diesen Ländern sehr locker. Im allgemeinen genügt es, daß die Anlage genau auf der vorgeschriebenen Frequenz (27,12 bzw. 27,25 oder 468 MHz) arbeitet und eine bestimmte Ausgangsleistung (5 Watt) nicht überschritten wird. Der Betrieb der Anlage ist dort zulassungs- und gebührenfrei. In Deutschland wurden vor kurzem diesbezügliche Bestimmungen erlassen (vergl. die Einleitung zu diesem Aufsatz).

Zahlreiche deutsche Modellsportler haben auf Grund von Sondergenehmigungen in den vergangenen zwei Jahren wiederholt ferngesteuerte Modelle vorführen können und dabei gezeigt, daß sie durchaus in der Lage sind, mit den Leistungen ausländischer Modellsportler Schritt zu halten. An vielen Orten haben sich Modellsportler mit KW - Amateuren und Funktechnikern verbunden, und die Zahl der bereits fertiggestellten ferngesteuerten Modelle ist sehr groß; alle Erbauer warten darauf, daß sie ihre Modelle bald der Öffentlichkeit vorführen können. Noch mehr Interessenten jedoch möchten die Funksteuerung anwenden, sie verfügen aber noch nicht in genügendem Maße über die technischen Voraussetzungen.

Aus diesem Grund soll hier ein allgemeiner Überblick über die Art und den Stand der heutigen Anlagen vermittelt werden. In einer zweiten anschließenden Arbeit werden ausführliche Angaben über den Bau von Sendern und Empfängern für die Fernsteuerung gemacht.

Die grundsätzlichen Schaltungen der Sender und Empfänger

Die heute benutzten Anlagen sind — mit einigen Ausnahmen — auf wenige Schaltungen und Steuersysteme beschränkt; sie werden in der Serienherstellung und auch beim Selbstbau angewandt. Die Forderungen nach geringem Gewicht, einfachem Aufbau, größtem Wirkungsgrad bei geringem technischem Aufwand und nach erträglichen Bau- und Betriebskosten haben den Weg für die Entwicklung dieser Geräte bestimmt.

Für die meistbenutzten Anlagen wird ein einfacher Hf-Sender für Batteriebetrieb verwendet. Die **Bilder 1** und **2** zeigen Schaltbeispiele hierfür. Bei englischen und amerikanischen Sendern für Modellfernsteuerung werden vorzugsweise die Röhren 3 A 4, 3 A 5 und DL 94 verwendet. Die Gegentaktschaltung ist dabei vorherrschend. Die Frequenzstabilität rückgekoppelter Steuersender ist bei der Frequenz 27,12 MHz mit ± 0,6 % ausreichend. In den USA ist für die Frequenz 27,25 MHz die Verwendung eines quarzgesteuerten Senders notwendig, da die Abweichungen von dieser Frequenz nur 0,05 % betragen dürfen.

Deutsche Modellsportler haben bisher entweder englische Seriengeräte (ED)[1]) oder auch Selbstbaugeräte verwendet. In letztere wurden oft die Röhren RL 2,4 T 1, RL 2,4 T 4 und LS 2 eingebaut. Die Ausgangsleistung dieser Sender beträgt 1,5 bis 4 Watt und genügt den Ansprüchen der Modellsportler. Bei Verwendung tonmodulierter Anlagen wird der Hf - Stufe meist nur eine einfache Modulationsstufe beigeschaltet **(Bild 3** und **4)**.

Die Empfänger sind ganz besonders sparsam aufgebaut, da vor allem Flugmodelle keine großen Gewichte vertragen. Aus den Schaltzeichnungen **Bild 5** bis **7** sind die Werte und Einzelteile einiger einfacher Empfänger zu ersehen; für den Funktechniker ist eine Beschreibung dieser Schaltungen nicht unbedingt notwendig, da sie keine Besonderheiten enthalten und die Wirkungsweise klar zu erkennen ist.

[1]) Electronics Developments Ltd.

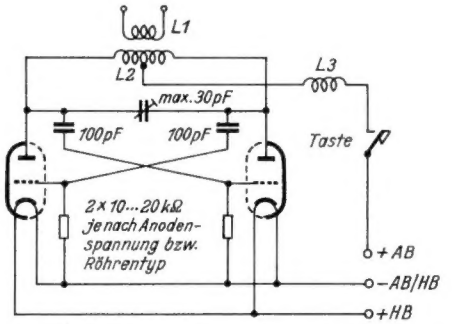
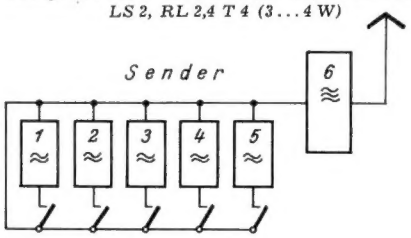


Bild 1. Gegentakt-Hf-Sender. L 1 = 3 Windungen Cu versilbert, 2 mm ∅; Spulenkörper 18 mm ∅, 8 mm lang; L 2 = 12 Windungen Cu versilbert, 2,5 mm ∅; Spulenkörper 18 mm ∅, 45 mm lang; L 3 = Hf-Drossel, Drahtlänge = λ/4. Geeignete Röhren: 3 A 5, (1,5 W), 2 x RL 2,4 T 1, LS 2, RL 2,4 T 4 (3 ... 4 W)



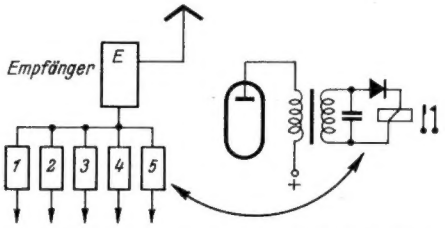


Bild 4. Mehrkanalsteuerung mit fünf Nf-Oszillatoren. Die in den Resonanztransformatoren des Empfängers erzeugten Wechselströme werden gleichgerichtet und schalten über ein Zwischenrelais den Arbeitsstromkreis

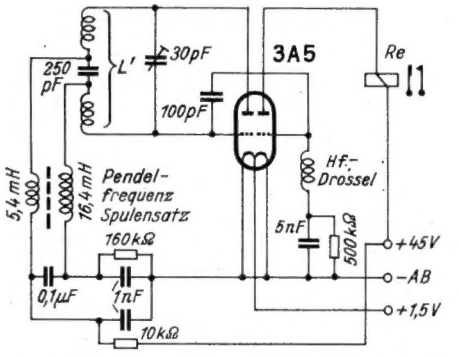
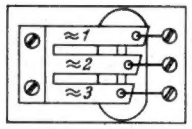


Bild 7. Empfänger nach Mr. William Hershberger, USA. Modelle mit diesem Empfänger wurden wiederholt den Münchener Modellsportlern mit bestem Erfolg vorgeführt



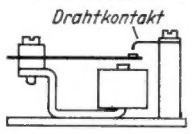


Bild 8. Zungenrelais für drei Nf-Kanäle

Die Übertragung des Steuerkommandos

Wesentlich interessanter dürfte es sein, wie die vom Sender ausgestrahlten Impulse im Empfänger aufgenommen werden und zur Auslösung einzelner oder mehrerer Funktionen am Modell führen.

Die durch die Sendeimpulse im Empfänger hervorgerufenen Anodenstromänderungen, die in der Regel nur einige Milliampere oder gar nur Bruchteile eines Milliampere betragen, reichen nicht aus, um die Ruder usw. direkt zu betätigen; jedoch ist es mit diesen Stromänderungen möglich, ein empfindliches Empfangsrelais Re auszulösen und damit den Stromkreis eines Arbeitsrelais Ra, des Rudermotors usw. zu schließen (siehe **Bilder 18** bis **20**).

Im einfachsten Fall kann ein kleiner Elektromagnet die Funktion direkt übernehmen. Da für diese Arbeitsleistung jedoch ein verhältnismäßig großer Strom erforderlich ist, wird für die Ruderbetätigung in der Regel ein Gummi- oder Federtrieb benutzt, der über einen Kurbeltrieb auf die Ruder einwirkt. Ein kleiner Elektromagnet mit geringem Spannungs- und Strombedarf schaltet ein Schrittschaltwerk, das in bestimmter Folge die verschiedenen Ruderausschläge, die Motordrosselung u. dgl. bestimmt. Für die Auslösung des Arbeitsrelais Ra ist die Eignung des Empfangsrelais Re die wichtigste Voraussetzung. Re soll schon bei 0,1 bis 0,2 mA einen sicheren Kontaktwechsel hervorrufen und bei geringem Ruhestrom von ca. 1 mA kontaktfest, d. h. unempfindlich gegen Motorerschütterungen usw. sein. Ferner soll das Relais ein geringes Gewicht haben, gegen Lageänderungen unempfindlich sein und in allen Lagen gleichmäßig ansprechen.

Die Relais

Unpolarisierte Relais mit einer Wicklung von 5 bis 6 kΩ und mit 25 bis 40 g Gewicht sind das Übliche. Bei einem Ruhestrom von 1 mA und einem Stromwechsel von 0,1 bis 0,3 mA entsprechen sie den Anforderungen einfacherer Anlagen.

Wesentlich empfindlicher sind polarisierte Relais, die z. B. in England für die Modellfunksteuerungen in besonders geeigneten Typen hergestellt werden. Bei gleicher Größe und bei gleichem Gewicht, wie sie die unpolarisierten Relais besitzen, sprechen sie schon auf weniger als 0,1 mA an, und sie sind noch unter 0,5 mA Ruhestrom kontaktfest. Deutsche Modellsportler verwenden oft polarisierte Siemens - Fernsprechrelais bzw. Telegrafenrelais, die sehr empfindlich sind, jedoch mit ca. 130 g Gewicht für kleine und mittlere Modelle etwas schwer sind. In der Praxis hat es sich jedoch gezeigt, daß bei Anwendung geeigneter Schaltungen mit sehr niedrigem Anodenstrom auch nur kleine Batterien erforderlich sind und das höhere Relaisgewicht dann nicht mehr so nachteilig ist.

Die Einstellung des Relais auf den Anodenstrom des Empfängers und die Justierung der Kontakte müssen mit besonderer Gewissenhaftigkeit vorgenommen werden, wenn die geringen Stromänderungen des Empfängers voll wirksam werden sollen.

Fernsteuerungen mit Tonfrequenzen

Für Nf-modulierte Anlagen werden besondere Relais vorgesehen, die auf die jeweils vom Empfänger aufgenommenen und verstärkten Tonfrequenzen ansprechen. Meist werden hierzu sogenannte Zungenrelais nach **Bild 8** verwendet, die mit mehreren verschieden langen Stahlzungen versehen sind, auf deren Eigenschwingungen die Nf - Kanäle abge-

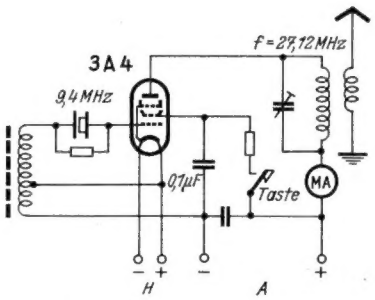


Bild 2. Quarzgesteuerter Hf-Sender mit Frequenzverdreifachung

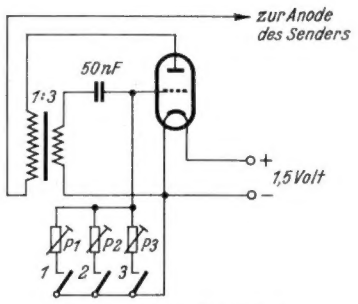


Bild 3. Modulationsstufe für drei Tonfrequenzen

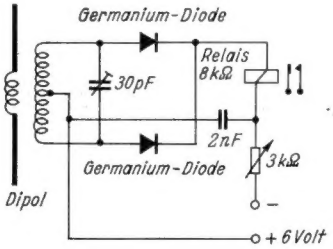


Bild 5. Einfacher Empfänger mit zwei Germaniumdioden für Entfernungen bis zu 100 m

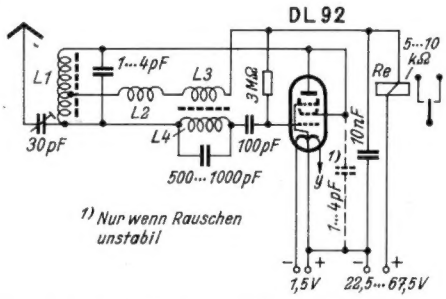


Bild 6. Empfänger mit Pendelfrequenz-Transformator. L 1 = 18 Windungen CuL, 0,3 mm ∅ auf Hf-Kern 10 mm ∅, Anzapfung an der 7. Windung; L 2 = Hf-Drossel. Drahtlänge = λ/4; L 3 und L 4 = Pendelfrequenz-Transformator

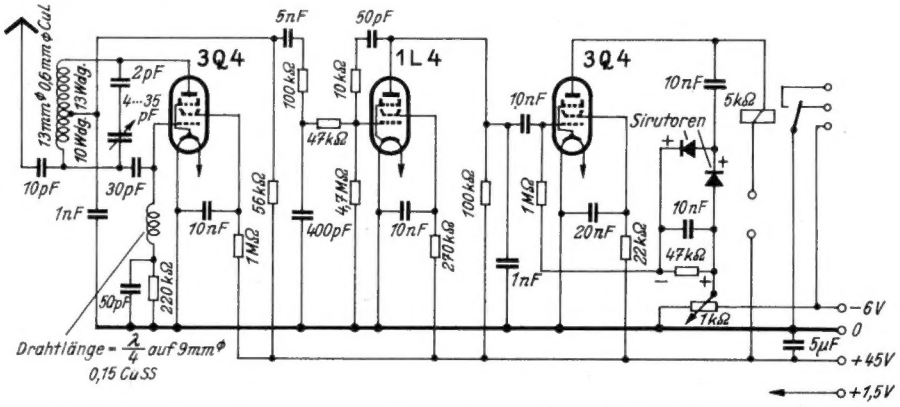


Bild 9. Mehrröhrenempfänger von Alois Hofmann, Gauting/München. Das Modell, das diesen Empfänger enthielt, errang beim letzten deutschen Fernlenk-Wettbewerb in Darmstadt einen ersten Preis

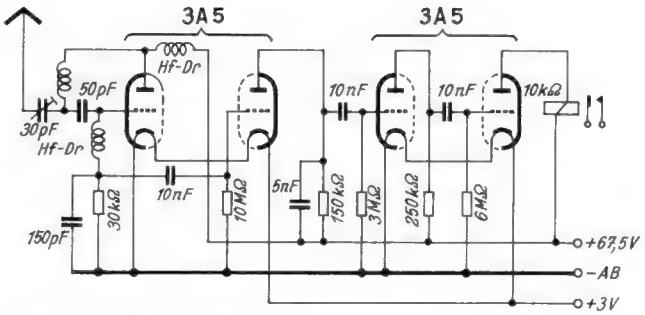


Bild 10. Mehrröhrenempfänger unter Verwendung von zwei Batterie-Doppeltrioden

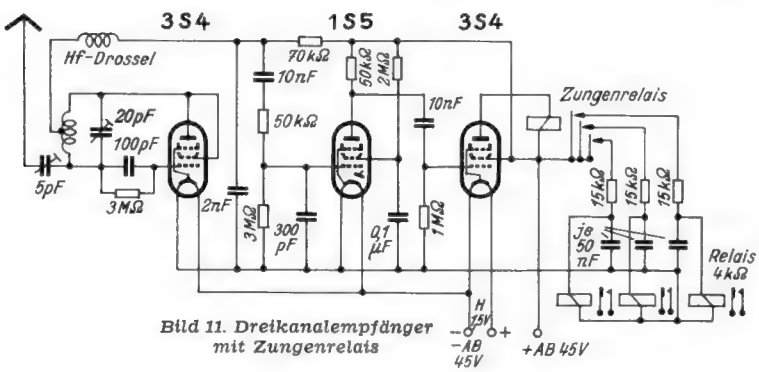
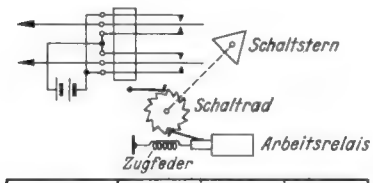
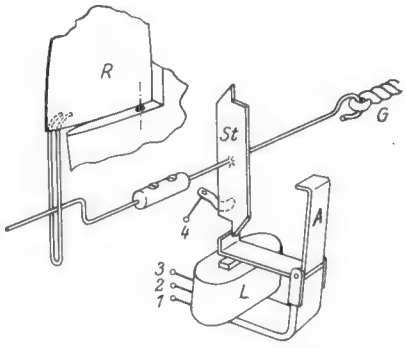


Bild 11. Dreikanalempfänger mit Zungenrelais



Stellung des Schaltsternes	a c d		
Geschlossene Stromkreise	a c	a d	b d

Bild 12. Für Schiffsmodelle geeigneter Schrittschalter



Rechts: Bild 13. Zweiarmiger Schrittschalter (Einbauschema). R = Ruder, St = Schaltstern, A = Schaltanker, G = Gummiband, L = Spule mit zwei Wicklungen zu je 50 Ω. Wicklung 3-4 schaltet nach Anzug des Schaltankers zur Stromersparnis ab

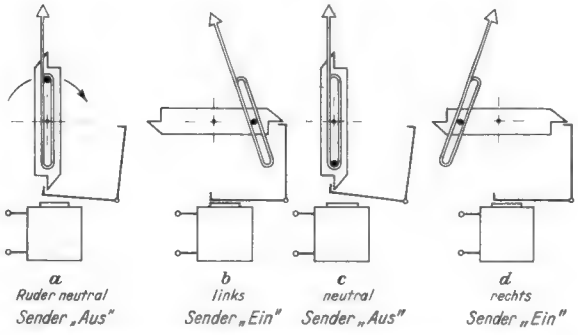


Bild 14. Zweiarmiger Schrittschalter (Arbeitsvorgang)

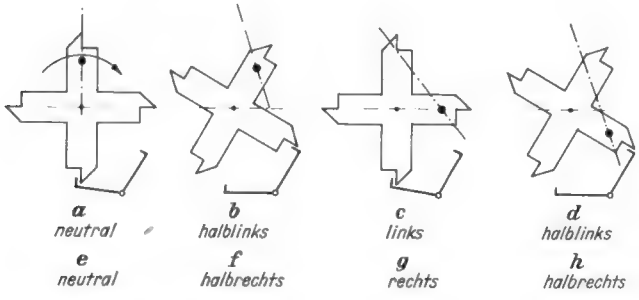
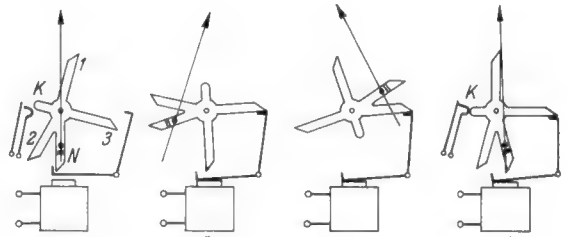


Bild 15. Vierarmiger Schrittschalter (Arbeitsvorgang)



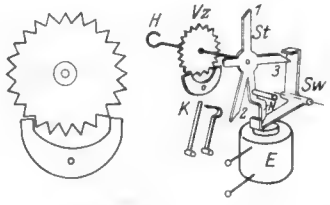


Bild 16. Arbeitsrelais System „Bonner", USA. Die Zahnradhemmung verlangsamt eine Kurbelumdrehung auf 1 sec. Dadurch wird eine einwandfreie Impulsgabe erzeugt

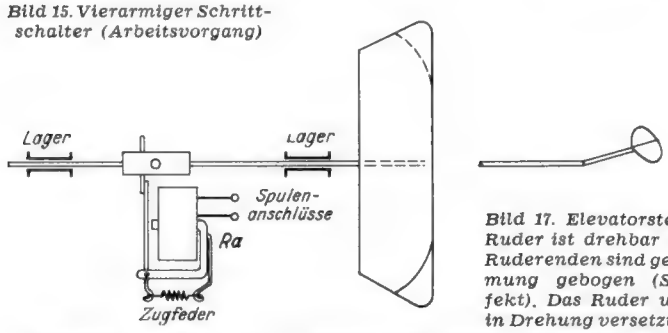


Bild 17. Elevatorsteuerung. Das Ruder ist drehbar gelagert. Die Ruderenden sind gegen die Strömung gebogen (Schraubeneffekt). Das Ruder wird dadurch in Drehung versetzt. Relais „Ein" = Höhenruder, Relais „Aus" = Seitenruder, Relais „Pulsierend" = Ruder neutral

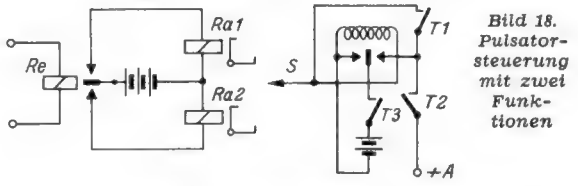


Bild 18. Pulsatorsteuerung mit zwei Funktionen

stimmt sind. Sobald dem Relais ein vom Empfänger kommendes Signal zugeführt wird, gerät die zugehörige Zunge in starke Schwingungen (Resonanz), und sie verbindet über ein oder zwei feine Drahtkontakte den Stromkreis eines Zwischenrelais, das dann den Arbeitsstromkreis schaltet. Zungenrelais sind im Hinblick auf die Frequenz, auf die sie ansprechen, sehr trennscharf, weshalb die verschiedenen Tonfrequenzen dicht beieinander liegen dürfen, jedoch muß der Sender bei solchen Schaltungen eine verstimmungsfreie und stabile Modulationsstufe aufweisen. Die **Bilder 9** bis **11** bringen Beispiele von Empfängern für Anlagen mit Nf - Modulation. Durch zwei oder drei Nf-Verstärkerstufen läßt sich hierbei die erforderliche Spannung erzielen. Bild 11 zeigt hierbei den Anschluß eines Zungenrelais.

Für größere Modelle und vor allem für Schiffsmodelle wird daher die Verwendung kleiner Resonanztransformatoren vorgezogen, deren Bandbreite größer ist. Die vom Resonanztransformator überhöhte Wechselspannung wird gleichgerichtet und dem Zwischenrelais zugeführt.

Der Bau und der Betrieb einer Mehrkanalsteuerung stellt wesentlich höhere Anforderungen an das technische Können. Infolge des größeren Aufwandes sind Mehrkanalanlagen auch drei- bis viermal so teuer wie einfache Hf-Anlagen. Diese einfacheren Geräte werden deshalb vorwiegend in einfachen Anlagen verwendet, zumal es auch mit diesen möglich ist, durch verschiedenartige Arbeitsrelais mehrere Funktionen auszulösen. Mit Hf-Signalen verschiedener Dauer (kurz, lang, pulsierend) lassen sich bis zu drei Kommandos in kürzester Zeit einzeln oder zugleich ausführen.

Schrittschalter für Modellsteuerungen

Für Modellboote, Schiffe und Modellkraftwagen, bei denen die für die Funktionsauslösung erforderliche Zeit keine so ausschlaggebende Rolle spielt wie bei einem Flugmodell, wird der Schrittschalter nach **Bild 12** oder in ähnlicher Art verwendet. Jede Schaltradstellung verbindet einen Stromkreis zu irgend einer Ruderbetätigung, Motor - Drehrichtung usw. und gestattet neben dem seitlichen Richtungswechsel auch die Umkehrung der Fahrtrichtung, die Änderung der Geschwindigkeit und ähnliches. Soll die eine oder andere Funktion nicht wirksam werden, so wird die Schaltung der nicht gewünschten Funktionen durch Impulse in schnellerer Folge übersprungen.

Für Flugmodelle wird in der Mehrzahl der zweiarmige Schrittschalter nach **Bild 13** und **14** verwendet. Bei ausgeschaltetem Sender steht das Seitenruder immer auf normal, d. h. das Modell fliegt geradeaus oder in einer sehr großen Kurve.

Wird der Sender getastet, dann wird durch das Arbeitsrelais der Schaltstern um 90° freigegeben und über die Kurbel wird das Ruder in Ausschlag gebracht. Sobald die Taste abgehoben wird, geht das Ruder wieder in seine Normalstellung.

Durch den Umlauf des Schaltsternes ergibt sich die Reihenfoge der Ruderstellungen: Normal, links, normal, rechts,

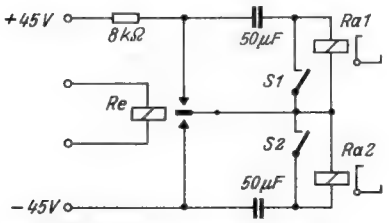


Bild 19. Kondensatorsteuerung mit zwei Funktionen. Wird der Sender kurz eingeschaltet, arbeitet Relais 1; wird er kurz ausgeschaltet, dann zieht Relais 2 an

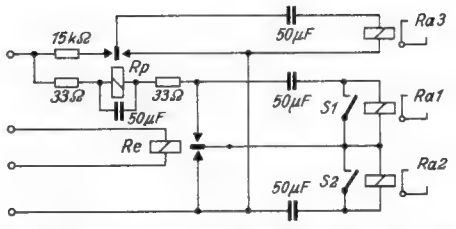


Bild 20. Kondensatorsteuerung mit drei Funktionen. Sender „Ein", Relais 1 zieht an; Sender „Aus", Relais 2 zieht an; Sender „Pulsierend", Relais 3 zieht an

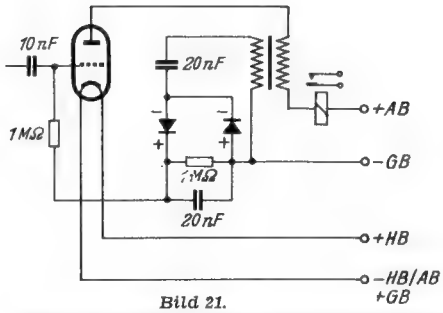
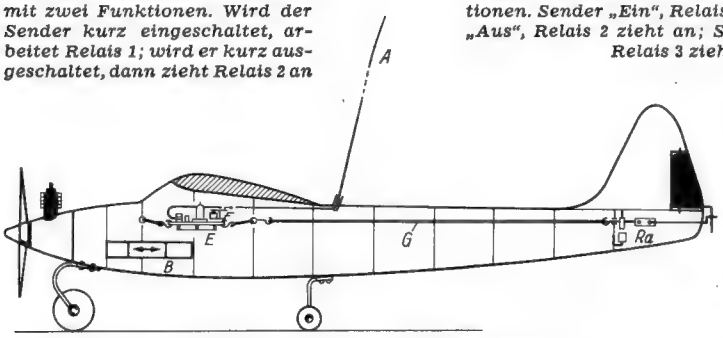


Bild 21. Reflexschaltung für die Empfängerendstufe



Links: Bild 22. Einbaubeispiel für eine Funksteuerung. A = Stabantenne (Stahldraht 0,8 mm ∅, 1000 mm lang), B = Batteriekasten (zur Trimmung verschiebbar), E = Empfänger (an Gummibändern aufgehängt), G = Gummibandantrieb für Schrittschalter, Ra = Arbeitsrelais (Schrittschalter)

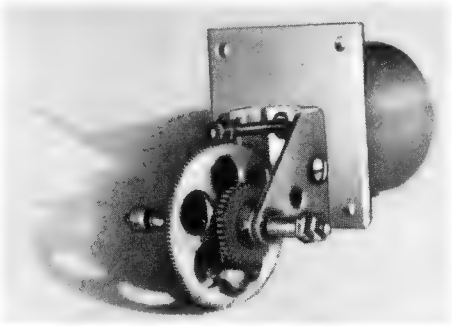


Bild 23. Rudermotor mit Differentialantrieb für zwei Funktionen von F. Tröger, Fürstenfeldbruck

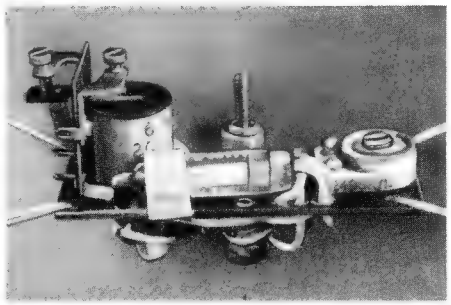


Bild 24. Einröhrenempfänger mit dem Schrittschalter von Bild 23. Gewicht des gesamten Empfängers = 45 g (F. Tröger, Fürstenfeldbruck)

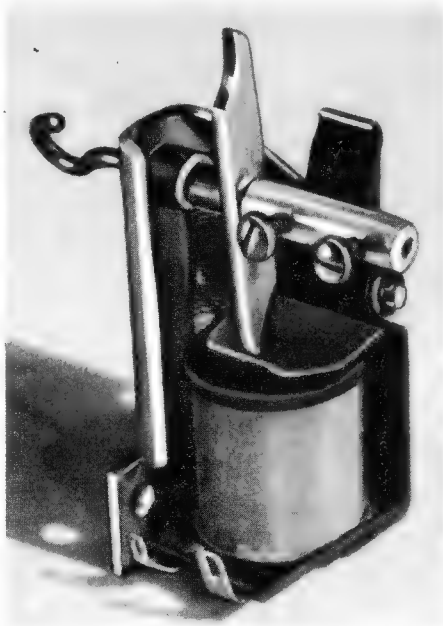


Bild 25. Ansicht eines zweiarmigen Schrittschalters

normal, links usw. Bei entsprechender Bedienung und Eignung des Modelles können allein mit einer solchen Seitenruderbedienung verschiedene Figuren (Looping usw.) neben normalen Kursänderungen geflogen werden.

Für Kurswechsel mit mäßigem, d. h. unkritischem Ruderausschlag ist der vierarmige Schaltstern **Bild 15** vorzuziehen. Zu dessen Auslösung genügt ein kurzer Sendeimpuls, ferner wird für die Dauer des Ruderausschlages kein Arbeitsstrom benötigt. Die Strom- bzw. Batterieersparnis ist daher erheblich. An einer der Normalstellungen des Schaltsternes kann zusätzlich eine mechanische Auslösung oder ein Kontakt für die Schaltung eines zweiten Arbeitskreises angebracht werden, mit dem z. B. eine Motordrosselung ausgelöst wird.

Bei dem vorgenannten Arbeitsrelais ist es notwendig, daß die Steuerfolge „in Erinnerung" bleibt. Auch wenn es sich durch kurze Impulse ermöglichen läßt, Schaltstellungen zu überspringen, so ist es besonders bei Flugmodellen doch wichtig, im voraus genau zu wissen welcher Steuerausschlag beim nächsten Impuls folgen wird.

Ein Arbeitsrelais besonderer Art stellt das des Systems Bonner nach **Bild 16** dar. Hier wird der Ruderausschlag bzw. die Funktion durch die Anzahl der gegebenen Impulse bestimmt. Bei Senderstellung „Aus" geht das Ruder selbsttätig in Normalstellung. So wird z. B. durch einfaches Tasten des Senders (Sender „Ein") Linksruder und durch Tasten von „Ein — Aus — Ein" Rechtsruder gegeben. Durch „Ein — Aus — Ein — Aus — Ein" wird über den Kontakt K, gegebenenfalls über ein zweites Arbeitsrelais mit einfachem Schaltstern, eine zusätzliche Funktion (Motordrosselung) ausgelöst.

Die Elevatorsteuerung

Für kleinere Modelle wird oft auch die sog. Elevatorsteuerung nach **Bild 17** verwendet. Ein drehbar gelagertes Ruder ist an seinen Enden so abgebogen, daß es im Luftstrom in langsame Umdrehungen gebracht wird. Die Ruderachse ist mit kleinen Nocken versehen, die durch einen Elektromagneten in bestimmter Stellung festgehalten werden. Bei Senderschaltung „Ein" bleibt das Drehruder auf Linksausschlag, bei „Aus" auf Rechtsausschlag stehen. Bei „Wechsel" (pulsierend) dreht das Ruder durch und bleibt unwirksam (neutral).

Neben diesen meistangewandten Systemen kommen noch Pulsator- und Kondensator-Schaltungen in Frage, mit denen gleichfalls bis zu drei Funktionen in bestimmter Reihenfolge oder unabhängig voneinander ausgelöst werden können. Aus den Schaltskizzen **Bild 18 bis 20** ist das Wesentliche zu ersehen.

Für alle die vorgenannten Hf-Einkanalsteuerungen genügt als Empfänger ein einfacher Einröhrenpendler, gegebenenfalls mit einer Verstärkerstufe. Für Mehrkanal-Anlagen mit Tonfrequenzmodulation ist ein mehrstufiger Empfänger Voraussetzung.

Durch eine Reflexschaltung der Endstufe nach **Bild 21** können Leistung und Reichweite erheblich gesteigert werden. Während einfache Empfänger eine Reichweite von 1 bis 2 km sichern, kann mit den mehrstufigen Empfängern die Reichweite bis auf 10 km erhöht werden, bzw. es wird eine größere Sicherheit bei Verstimmungen erzielt.

Bild 22 bringt ein Einbaubeispiel für eine Funksteuerung. Die Fotos **Bild 23** und **25** zeigen Ansichten von Arbeitsrelais, während das **Bild 24** einen praktisch ausgeführten Einröhren-Empfänger wiedergibt. Weitere Beispiele von Empfängermodellen bringt die nächste Arbeit.

Für den Anfänger und auch für den befähigten Funktechniker ist es immer empfehlenswert mit einer einfachen Anlage und einem ebensolchen Modell zu beginnen. Die wesentlichen Merkmale liegen ja im „fliegenkönnen" und die beste und kompizierteste Anlage nützt nichts, bevor nicht die praktische Fernlenkung erlernt wurde.

Friedrich Tröger

Empfängerprobleme bei Flugmodell-Fernsteuerungen

Allgemeine Anforderungen

Da Flugmodelle infolge der internationalen Gewichtsbegrenzung (5000 g) gewisse Abmessungen nicht überschreiten können und dadurch die Tragfähigkeit beschränkt ist, müssen die in die Modelle einzubauenden Empfänger sehr leicht sein. Batterien und Arbeitsrelais sind nun verhältnismäßig schwer. Es kommt deshalb darauf an, Gewichtseinsparungen auch beim Empfänger zu machen.

Die Empfänger sollen ferner sehr stabil ausgeführt sein, damit die kostbaren Röhren bei etwaigen Abstürzen des Modells nicht beschädigt werden. Bei Flugmodellen mit Motorantrieb muß außerdem die durch den Motor verursachte Erschütterung berücksichtigt werden.

Ebenso ist es wichtig, den Stromverbrauch so gering wie möglich zu halten, um kleine und leichte Batterien verwenden zu können und bei längeren Flügen Unstabilitäten zu vermeiden, die durch das Absinken der Batteriespannung auftreten können. Ein gewisses Minimum darf jedoch in der Praxis nicht unterschritten werden, um ein einwandfreies Ansprechen der Relais zu gewährleisten.

Der auf der Empfängerseite erforderliche Aufwand richtet sich auch nach den gewünschten Ruderbetätigungen. Soll nur

das Seitenruder gesteuert werden, kann die Empfangsanlage sehr einfach gestaltet werden. Kommt noch die Betätigung des Quer- und Höhenruders hinzu, ist eine leistungsfähigere Empfängereinrichtung erforderlich. Noch komplizierter wird die Empfangsanlage, wenn der Antriebsmotor durch ein weiteres Arbeitsrelais gedrosselt werden soll.

Die mechanischen Schaltvorgänge lassen sich auf verschiedene Arten ausführen. Einzelheiten hierüber wurden in dem Aufsatz „Die Funk-Fernsteuerung von Flugmodellen" auf S. 175ff. gebracht.

Soweit es aus aerodynamischen Gründen möglich ist, wird das Arbeitsrelais in unmittelbarer Nähe der Ruder angebracht. Die Ruder selbst werden durch Schnurzüge oder Drahtgestänge betätigt. Man wird hierbei bestrebt sein, die Reibungsverluste so gering wie möglich zu halten.

Bewährte Empfängerkonstruktionen

In Deutschland sind für Fernsteuerungen drei Frequenzen zugelassen. Während die Frequenz 13 560 kHz ± 0,05 % wegen der engen Toleranz ungünstig ist und quarzgesteuerte Sender verlangt, steht auf 27 120 kHz ein Band von ± 162,7 kHz zur Verfügung. Der Aufbau der Geräte für die dritte Frequenz 465 MHz bietet heute noch gewisse konstruktive und materialmäßige Schwierigkeiten. Die in den folgenden Ausführungen beschriebenen Empfänger sind für eine Empfangsfrequenz von 27 120 kHz bestimmt.

Der einfachste, leichteste und billigste Empfänger ist das Einröhrengerät. Es besitzt eine zwar geringe, jedoch durchaus brauchbare Empfindlichkeit. Nachteilig ist eine gewisse Unstabilität; ferner sind zur Überbrückung größerer Entfernungen höhere Senderleistungen erforderlich. Sehr gebräuchlich, vor allem in England, ist die in **Bild 2** gezeigte Einröhren-Superregenerativschaltung, die mit der englischen Subminiatur-Gastriode XFG 1 arbeitet, aber auch mit der amerikanischen Par-

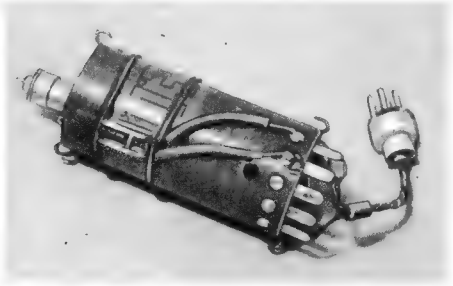


Bild 3. Englische Bauform des Einröhrenempfängers nach Bild 2

allelröhre RK 61 bestückt werden kann. Der Anodenstrom beträgt bei fehlendem Eingangssignal etwa 1,3 mA; er sinkt auf rund 0,2 mA ab, wenn das Steuersignal empfangen wird, und ist mit Hilfe des Potentiometers R 1 bei fehlendem Träger so einzustellen, daß das Empfängerrelais gerade noch nicht anspricht. Strahlt der Sender einen Impuls aus, so fällt der Anker des Relais als Folge der Anodenstromänderung zurück und die Steueranlage wird betätigt. Obwohl die Lebensdauer der verwendeten Gastrioden vielfach hundert Betriebsstunden nicht überschreitet, wird die beschriebene Anordnung, vor allem von Anfängern, oft benutzt.

Von der englischen Fa. Electronic Developments Ltd. (ED) wird der Einröhren-Superregenerativ-Empfänger nach Bild 2 in einer sehr zweckmäßigen Form gebaut. Einzelteile und Empfängerrelais sind innerhalb eines stabilen Papprohres befestigt. Die Röhre befindet sich auf der Außenseite und wird durch Gummischlaufen an den Pappkörper gedrückt **(Bild 3)**. Da das Papprohr mit Hilfe von Gummizügen innerhalb des Flugmodell-Bugs aufgehängt wird, ist der Empfänger bei Bruchlandungen weniger gefährdet.

Ordnet man das Empfängerrelais außerhalb des Empfängers an, so kann man beim Aufbau des vereinfachten Einröhren-Superregenerativempfängers recht kleine Abmessungen erzielen, wie das Aufbaubeispiel **Bild 5** zeigt, das nach der Schaltung **Bild 4** arbeitet. Auf der 40×80 mm großen Hartpapierplatte befinden sich die Subminiatur-Gastriode, die Schwingkreisspule L 1 und die beiden Trimmer T 1, T 2. Die Spule L 1 hat für eine Empfangsfrequenz von 27,12 MHz 10 Windungen (Durchmesser 8 mm, Wicklungslänge 10 mm, Draht CuL 0,8 mm, ohne Abstand gewickelt). Die Anzapfung liegt bei etwa 3 ½ Windungen. Die getrennte Anordnung des Empfängerrelais gestattet eine vor allem für kleinere Modelle zweckmäßigere Gewichtsverlagerung. So ist es z. B. möglich, den Empfänger im leerstehenden Rumpf etwa hinter der Tragflächenendleiste anzuordnen. Dieser Raum wird bei Stürzen nur selten beeinträchtigt.

Höhere Empfangsleistungen gestattet der Zweiröhren-Superregenerativ-Empfänger des Trawid-Vertriebs. Der mit kommerziellen Spezialröhren S 318 (Lo-

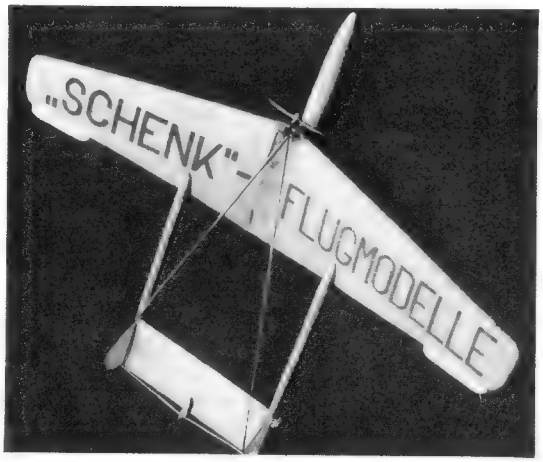


Bild 1. Ansicht eines Modellflugzeuges mit Motorantrieb, Empfangsanlage im Bug und V-Antenne

kes Rauschen festzustellen sein, das durch Einstellen des Antennentrimmers T 1 auf Lautstärkemaximum gebracht wird. Nun stellt man bei eingeschalteten Sender und gedrückter Sendetaste den Schwingkreistrimmer T 2 und den Antennentrimmer T 1 auf Anodenstromminimum ein. Das Rauschen setzt aus, wenn Empfänger und Sender Resonanz haben. Bei offener Taste steigt der Anodenstrom um etwa 1 mA an, wobei das Rauschen wieder einsetzt. Nach Beendigung dieses Abgleichs schaltet man Kopfhörer und Milliamperemeter wieder ab und fügt nunmehr in den Anodenkreis der Endröhre das Empfangsrelais (5 kΩ) in Serie mit einem Milliamperemeter ein

Bild 2. Schaltung eines Einröhrenempfängers mit Subminiatur-Gastriode und Empfängerrelais

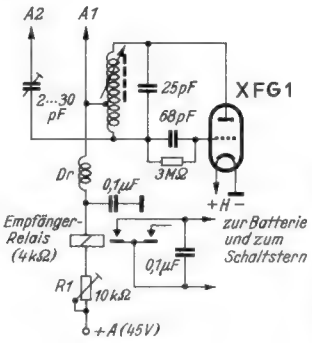
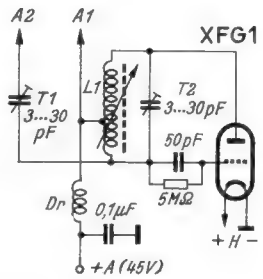


Bild 4. Vereinfachte Schaltung des Einröhrenempfängers nach Bild 2



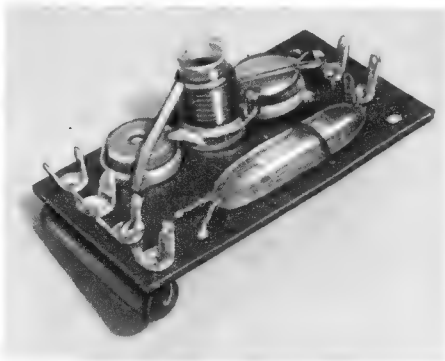


Bild 5. Ausführungsform des Einröhrenempfängers nach Bild 4

renz) ausgestattete Empfänger benutzt im Anschluß an die Superregenerativstufe einen galvanisch angekoppelten einstufigen Verstärker. Wenn kein Zeichen empfangen wird, beträgt der Anodenruhestrom etwa 0,5 mA. Beim Empfang eines Signales steigt der Anodenstrom auf etwa 1 bis 1,5 mA an. Diese Anodenstromänderung verändert die Gittervorspannung der Verstärkerröhre und bewirkt dort ein starkes Absinken des Anodenstromes. Dieser Stromstoß bringt das Empfangsrelais zum Ansprechen. Die beschriebene zweistufige Schaltung zeichnet sich durch höhere Betriebssicherheit und größere Reichweiten aus, als sie bei den Einröhrenempfängern erreicht werden kann, bei denen zur Steuerung des Empfängerrelais nur wesentlich geringere Stromänderungen zur Verfügung stehen. Der Empfänger benötigt eine Antenne von etwa 1 m Länge. Das Gerät wird aus einer 3-Volt-Heizbatterie und einer 30-Volt-Anodenbatterie gespeist. Es ist eine Eigenart der Schaltung, daß für jede Röhre getrennte Heiz- und Anodenbatterien erforderlich sind **(Bild 6)**.

Zum Abgleichen schaltet man in den Anodenkreis der ersten Röhre ein Milliamperemeter (3...5 mA) und einen Kopfhörer in Serie. Im Kopfhörer muß ein star-

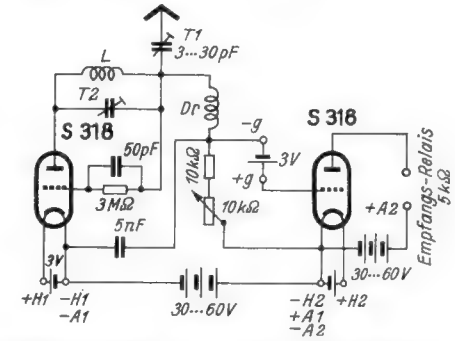


Bild 6. Zweiröhrenempfänger hoher Empfindlichkeit (Trawid)

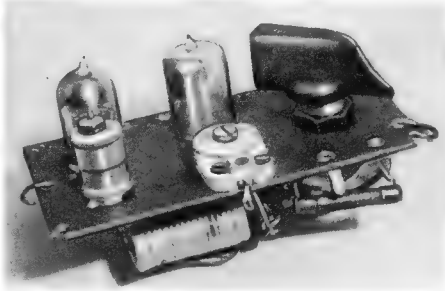


Bild 7. Ansicht des Empfängers nach Bild 6

(Endausschlag 5 mA). Bei nicht strahlendem Sender wird das Potentiometer so eingeregelt, daß der Anker des Relais eben angezogen wird. Das Relais ist auf sichere Kontaktgabe einzujustieren. Der Anker darf keinesfalls kleben. Das Relais muß auch bei einer Anodenstromdifferenz von nur 0,2 mA sauber ansprechen. Wenn jetzt die Sendertaste gedrückt wird, sinkt der Anodenstrom der Verstärkerröhre um etwa 2 mA ab. Das Relais fällt ab. Wie **Bild 7** zeigt, ist der Trawid-Empfänger auf einer kleinen Isolierstoffleiste (95 × 50 mm) aufgebaut.

Die Verwendung doppelter Batteriesätze, wie es die Schaltung nach Bild 6 verlangt, bedeutet einen erhöhten Aufwand und vergrößert das Gewicht der Empfangsanlage. Diese Nachteile vermeidet die Schaltung nach **Bild 8**, die ebenfalls wesentlich höhere Empfangsleistung als der besprochene Einröhrenempfänger hat. Auch hier ist der Empfänger zweistufig. Die erste Stufe arbeitet als Superregenerativempfänger, die zweite als galvanisch angekoppelter Schaltverstärker. Die Antennenkopplung erfolgt kapazitiv. Der Trimmer T 1 gestattet eine genaue Antennenanpassung. Der Schwingkreis L, T 2 ist auf die Empfangsfrequenz festabgestimmt (z. B. 27,12 MHz). Die Anodenspannung der ersten Röhre beträgt etwa 50...55 Volt, da die Batterien B 1, B 2 in Serie geschaltet sind.

Am Potentiometer R 2 fällt infolge des Anodenstromes der ersten Röhre (1 T 4) eine bestimmte Spannung ab. Am Gitter der zweiten Röhre (3 S 4) entsteht dadurch eine negative Vorspannung, deren Wert durch R 2 geregelt werden kann. Dadurch läßt sich der Anodenstrom dieser Röhre einstellen. Beim Eintreffen eines Signals setzt das Rauschen aus und der Anodenstrom der 1 T 4 steigt an. Damit erhält die 3 S 4 eine höhere negative Vorspannung, so daß deren Anodenstrom stark zurückgeht und das Ruhestromrelais abfällt. Hierbei wird der Kontakt des zu schaltenden Kreises geschlossen.

Um eine Fernsteuerung von Flugmodellen auf etwas größere Entfernungen bei relativ geringen Sendeleistungen erzielen zu können, ist ein dreistufiger Pendelempfänger nach **Bild 9** entwickelt worden, der aus einer festabgestimmten Hf-Vorstufe, einer festabgestimmten Superregenerativstufe und aus einem Schaltverstärker besteht. Der Antenneneingang der Hf-Stufe mit der Röhre RV 2,4 P 700 ist symmetrisch ausgebildet. Es können deshalb auch gekürzte Dipolantennen verwendet werden, die man entweder auf den Flächen, auf der Nasenleiste oder vor der Tragflächennase als Turbulenzdraht anbringen kann. Es ergeben sich dadurch übersichtlichere Verhältnisse als bei der Verwendung von Schlepp- oder anderen Eindrahtantennen, bei denen vielfach die Relais- und Schaltleitungen ein unerwünschtes Gegengewicht bilden. Sollen jedoch Eindrahtantennen benutzt werden, legt man lediglich die eine Seite der Antennenspule an Masse.

Die Hf-Vorröhre erhält ihre Gittervorspannung durch die Serienanordnung der Heizfäden. Die Katodenspannung beträgt dann im Mittel 2,7...2,8 Volt, so daß sich ein Anodenstrom von etwa 0,8 mA ergibt. Die Auskopplung erfolgt induktiv. Infolge der geringen Steilheit der Hf-Röhre ist es nicht notwendig, das Schirmgitter besonders zu entkoppeln. Es genügt vielmehr ein gemeinsames RC-Glied (5 nF, 2 kΩ). Die Pendelstufe ist gleichfalls mit einer Röhre RV 2,4 P 700 bestückt (Triodenschaltung). Diese Röhre schwingt als Audion auf der Empfängerfrequenz (27,12 MHz), andererseits aber auch über einen zweiten Schwingkreis auf etwa 60 kHz. Durch die Überlagerung beider Schwingungen erzielt man Überrückkopplung. Die dabei auftretende Störstrahlung wird durch die Hf-Vorröhre weitgehend unterdrückt, so daß Störungen beim gleichzeitigen Flug mehrerer Modelle verhindert werden.

Die Schaltverstärkerstufe ist gleichfalls mit einer RV 2,4 P 700 als Triode bestückt und wird an die Pendelaudionstufe galvanisch angekoppelt. Da diese Röhre aus

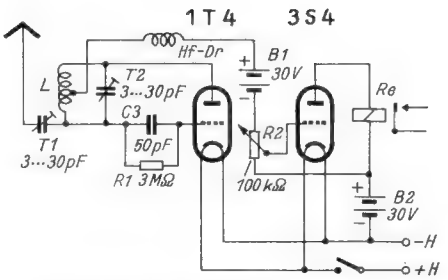


Bild 8. Einfacher Zweiröhrenempfänger

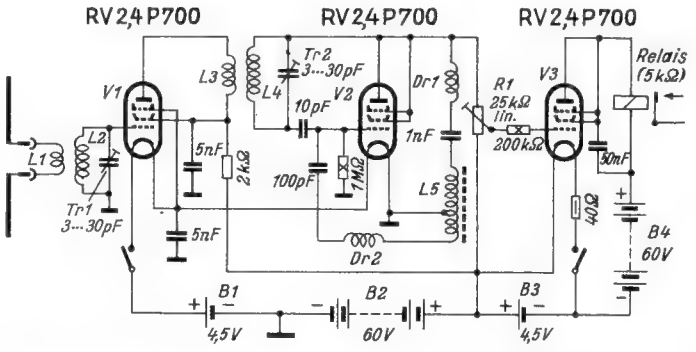


Bild 9. Hochempfindlicher Dreiröhrenempfänger

Tabelle hierzu siehe Seite 182

einer eigenen Anodenspannungsbatterie betrieben wird, kann die Vorspannung des Steuergitters durch den Spannungsabfall an dem als Potentiometer (R 1) ausgebildeten Außenwiderstand der Audionröhre erzeugt werden. Dieses Potentiometer ist so einzustellen, daß ein in Serie mit dem Relais geschaltetes Milliamperemeter etwa 0,5...1,5 mA anzeigt, je nach Empfindlichkeit des Relais. Der Strom muß so groß sein, daß das Relais sicher anzieht und damit den Schaltstromkreis unterbricht. Beim Eintreffen des Steuersignales steigt der Anodenstrom des Pendelaudions an. Dadurch fällt am Arbeitswiderstand R 1 eine entsprechend höhere Spannung ab. Das Gitter der Schaltverstärkerröhre wird negativer und der Anodenstrom dieser Röhre sinkt so stark ab, daß das Schaltrelais sicher abfällt. Der parallel zum Schaltrelais liegende Kondensator leitet Wechselspannungen vom Relais ab.

Der Empfänger, dessen Gesamtgewicht nur 130 g beträgt, wird auf einer 1 mm starken Isolierleiste mit den Abmessungen 150 × 50 mm aufgebaut. Die Röhren werden ohne Verwendung von Fassungen in die Verdrahtung eingelötet. Die jeweils am Röhrenfuß angebrachte Mutter erleichtert die Montage wesentlich. Die einzelnen Schaltelemente sind direkt an die Röhrenfußkontakte bzw. an die Gitterkappen angelötet Die beiden Schwingkreisspulen L 2 und L 4 sind um 90° versetzt. Die zugehörigen Ankopplungsspulen L 1 und L 3 werden auf die Schwingkreisspulen gewickelt. L 5 ist auf einem Vogt-Topfkern T 23/18 FC untergebracht und befindet sich seitlich unterhalb der Schaltröhre V 3. Das Potentiometer R 1 ist zur Gewichtsersparnis eine offene Ausführung von Dralowid. Die verschiedenen Anschlüsse (z. B. Betriebsspannungen, Antenne, Relais) sind an Lötösen geführt. Es ist empfehlenswert, aus Stabilitätsgründen zur Verdrahtung mindestens 0,5 mm starke Schaltdrähte zu

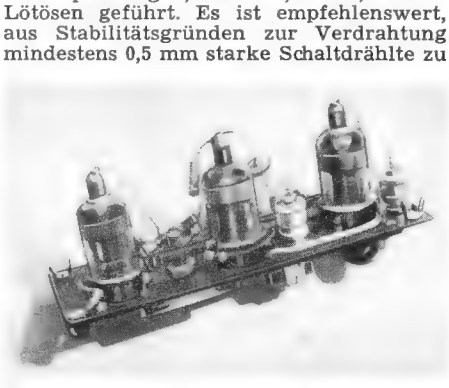


Bild 10. Ansicht der Empfängerplatte des Dreiröhrenempfängers

verwenden. Als Heizbatterien haben sich normale Taschenlampenbatterien (4,5 Volt) bewährt, obwohl die Röhren etwas unterheizt werden. Als Anodenbatterien eignen sich zwei in Serie geschaltete 30-Volt-Miniaturbatterien, die für Schwerhörigenverstärker bestimmt sind. **Bild 10** zeigt die Ansicht des Empfängerchassis, während aus **Bild 11** die Einzelteileanordnung auf der Isolierplatte hervorgeht.

Einbau der Empfänger

Da alle Empfänger gegen stärkere Stöße und Erschütterungen empfindlich sind, muß der Einbau so vorgenommen werden, daß die Empfänger nach allen Seiten federn können. Am besten hat sich die Aufhängung in Gummiringen bewährt. Die Lage selbst spielt dabei keine große Rolle. Es ist darauf zu achten, daß an allen Seiten genügend Raum vorhanden ist und der Empfänger beim Federn nicht an Spanten oder Leisten anstoßen kann. Ferner müssen die zum Empfänger führenden Anschlußleitungen dünn und flexibel sein, damit keine Erschütterungen übertragen werden. Es ist zweckmäßig, leichte Steckverbindungen zu benutzen, die man z. B. aus alten Röhrensockeln und Fassungen herstellen kann. Der Empfänger kann dann leicht aus dem Flugmodell herausgenommen werden. Der Einbau selbst erfolgt im Bug oder unterhalb der Tragflächen. Auf alle Fälle sollte der Empfänger leicht zugänglich sein, um ihn gegebenenfalls schnell nachtrimmen zu zu können. Einen gut gelungenen Einbau des Einröhrenempfängers nach Schaltung Bild 2 zeigt **Bild 12**. Der zylinderförmige Empfänger ist freischwebend zwischen Schalterplatte mit Steckanschlüssen und Batterien angeordnet. Die aus 5 mm starkem Hartpapier bestehende Schalterplatte gestattet das Einstöpseln des zum Abgleich unentbehrlichen mA-Meters und enthält die Kupplungen für Regler (R 1) und Schalter. Die Schalterplatte ist leicht zugänglich und vereinfacht die Bedienung vor dem Start wesentlich.

Auf einem kleinen Brettchen sind ferner die zum Empfänger gehörenden Batterien untergebracht. Diese befinden sich zwischen federnden Kontakten und können leicht ausgewechselt werden. Ein darüber gespannter Gummiring verhindert unbeabsichtigtes Herausgleiten. Zwei in das Balsaholz des Rumpfes eingeschnittene Kerben gestatten es, zwei Hartfaserplatten einzufügen, zwischen denen die Batterien zum Betrieb des Arbeitsrelais Platz finden. Sie werden außerdem noch durch Schaumgummi-Zwischenlagen elastisch festgelegt.

Sämtliche Leitungen werden gebündelt und durch kleine Haken festgehalten.

Ein Einbaubeispiel für den Dreiröhren-Empfänger nach Schaltung Bild 9 zeigt **Bild 13**. Man erkennt, daß für dieses Gerät wesentlich mehr Raum benötigt wird und auch der Batterieraum größer gehalten werden muß. Die Schalter für Empfänger und Arbeitsrelais befinden sich an der einen Seitenwand, die aus 0,8 mm starkem Sperrholz besteht, während die Steckkupplung an einem nicht ausgesparten Spant angebracht wird. Der Empfänger wurde liegend eingehängt. Bei dieser Einbauart können die Bugspanten sehr stabil gehalten werden. Die Batterien befinden sich unmittelbar hinter der Nase des Flugmodells und dienen gleichzeitig als Trimmgewichte. Trotzdem war es erforderlich,

ELEKTRONIK

Nr. 4 Ingenieur-Beilage zur FUNKSCHAU **Mai 1953**

Geiger-Müller-Zählrohre

Von Dr. Fritz Hawliczek,

Assistent am Institut für Radiumforschung der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

Infolge der raschen Entwicklung der Atomphysik in den letzten fünfzehn Jahren, und insbesondere durch den Bau zahlreicher Uranbatterien wurde es möglich, von einem großen Teil der chemischen Elemente radioaktive Isotope herzustellen. Diese radioaktiven Isotope unterscheiden sich chemisch von den inaktiven nicht im geringsten. Gerade darin liegt aber ihr großer Wert für die Forschung, denn man kann den Weg der radioaktiven Isotope, z. B. bei einem chemischen Prozeß, qualitativ und auch quantitativ verfolgen, indem man ihre Strahlung mit einem Geiger-Müller-Zähler mißt. Die Anwendung der radioaktiven Isotope ist heute bereits zu einem wichtigen Werkzeug der Forschung auf den verschiedensten Gebieten der Medizin, Biologie, Chemie, Physik und Technik geworden. Der Geiger-Müller-Zähler gehört daher heute ebenso zum Rüstzeug des Mediziners, Chemikers, Physikers und Ingenieurs, wie die Röntgenanlage, ein pH-Messer oder ein Katodenstrahloszillograf. Diese Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten brachte es mit sich, daß bereits Geiger-Müller-Zählrohre in den verschiedensten Formen und für verschiedenste Zwecke industriell und in großen Stückzahlen hergestellt werden.

Dieser Aufsatz hat den Zweck, den Aufbau und die Wirkungsweise von Geiger-Müller-Zählrohren zu erläutern und einen Überblick über die am häufigsten verwendeten Typen zu geben.

Entwicklungsgeschichtliches

Schon im Jahre 1908 konstruierten Rutherford und Geiger[1]) das erste Zählrohr für die Zählung von Alphateilchen (α-Strahlen), das den heute gebräuchlichen Zählrohren bereits sehr ähnlich war. Es bestand im wesentlichen aus einem Metallzylinder und einem darin isoliert ausgespannten, axialen Draht. Ließ man einzelne Alphateilchen in das Rohr eintreten und wurde eine hohe elektrische Spannung zwischen dem Zylinder und dem Draht angelegt, so floß bei jedem eintretenden Teilchen ein Strom und der Draht wurde auf eine Spannung aufgeladen, die mit einem Elektrometer gemessen werden konnte. Im Jahre 1917 berichteten Hess und Lawson über „Eine Methode zur Zählung der Gammastrahlen"[2]) und „Über die Zählung von Betateilchen nach der Methode der Stoßionisation"[3]). Alle Autoren verwendeten ebenso wie Geiger[4]) für seinen Spitzenzähler verschiedene empfindliche Elektrometer als Anzeigeinstrument. Im Jahre 1928 konstruierten Geiger und Müller[5]) die ersten Zählrohre hoher Empfindlichkeit, und die Elektrometer, die bis dahin als Anzeigeinstrumente verwendet wurden, mußten modernen Verstärkern mit Elektronenröhren und elektromagnetischen Zählwerken mit hoher Zählgeschwindigkeit weichen. Seit den Arbeiten von Geiger und Müller, die in der Technik des Zählens von Strahlen revolutionierend waren, spricht man von *Geiger-Müller-Zählrohren* und *Geiger-Müller-Zählern*. Grundsätzlich müssen wir dabei zwischen „nichtselbstlöschenden" und „selbstlöschenden" Zählrohren unterscheiden. Praktisch werden nur noch die letzteren verwendet, doch müssen wir beide Typen besprechen, weil dies zum Verständnis des atomaren Mechanismus in den Zählrohren erforderlich ist.

Ein *Geiger-Müller-Zählrohr* besteht in seiner einfachsten Form aus einem Metallzylinder und einem darin axial ausgespannten Draht. *Bild 1* zeigt ein modernes Zählrohr, wie es für die Zählung von Gammastrahlen verwendet wird, im Schnitt. Zylinder und Draht sind in einem evakuierbaren Glaskolben montiert und die ganze Röhre ist in einen gewöhnlichen Radioröhrensockel eingekittet. Ferner ist das Rohr mit einem Gas, meist unter einem Druck von 100...200 mm Quecksilbersäule, gefüllt. Draht und Zylinder sind mit je einem Stift des Sockels verbunden, wobei der Draht stets Anode und der Zylinder Katode ist. Dieser prinzipielle Aufbau gilt sowohl für nichtselbstlöschende als auch für selbstlöschende Rohre, nur die Gasfüllung ist bei den beiden Typen verschieden.

Nichtselbstlöschende Zählrohre

Bild 2 zeigt die Prinzipschaltung eines Zählrohres und seine Ankopplung an die Verstärkerstufe. Nehmen wir an, daß ein Betateilchen (sehr schnelles Elektron) den Raum zwischen Draht und Zylinder

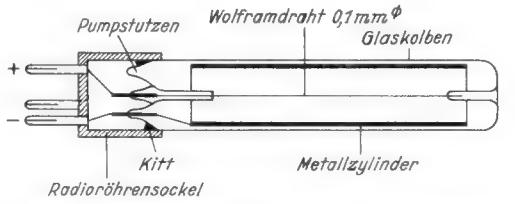


Bild 1. Schnitt durch ein Zählrohr (schematisch)

durchquert und längs seiner eigenen Bahn das Füllgas ionisiert. Da als Füllgas Edelgase (meist Argon) verwendet werden, die einatomige Moleküle bilden, können nur freie Elektronen und positive Ionen entstehen. Infolge der hohen Spannung (etwa 1000...1500 V) bewegen sich die leichten, negativ geladenen Elektronen sehr rasch zum positiven Draht, während die schweren, positiven Ionen verhältnismäßig langsam zur negativen Elektrode, dem Zylinder, treiben. In *Bild 3* ist die Feldverteilung im Zählrohr dargestellt. Wie ersichtlich, wird

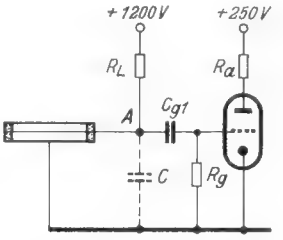


Bild 2. Prinzipschaltung eines Zählrohres mit Eingangsstufe

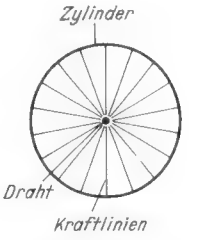


Bild 3. Feldverteilung im Zählrohr

die Kraftliniendichte und damit die elektrische Feldstärke gegen den Draht zu immer größer. Das hat zur Folge, daß die Elektronen in der Nähe des Drahtes so hohe Geschwindigkeiten erreichen, daß sie selbst ionisierend wirken und neutrale Argonatome in freie Elektronen und positive Ionen aufspalten. Die neugebildeten freien Elektronen wirken nun ihrerseits auch wieder ionisierend auf weitere Atome, so daß sich längs des Drahtes eine Ionenlawine ausbreitet. Dieser Vorgang benötigt lediglich eine Zeit von weniger als einer Mikrosekunde. Ist der Zählrohrableitwiderstand (in Bild 2 mit R_L bezeichnet) in der Größenordnung von etwa 500 bis 1000 MΩ gewählt, so wird die Entladung nach einer Zeit von etwa 10^{-5} sec wieder abreißen, während sie bei kleineren Widerständen weiterbrennt. Man bezeichnet in der Physik eine solche Entladung als Korona- oder Townsend-Entladung.

Betrachten wir einmal den Mechanismus einer Townsend-Entladung etwas näher. In *Bild 4* ist ihre Charakteristik dargestellt. Nehmen wir ferner an, daß zwischen dem Punkt A in Bild 2 und Masse eine genügend hohe Spannung V anliegt und daß der Widerstand R_L so gewählt ist, daß im Zählrohr eine Dauerentladung brennt. Erniedrigt man nun V immer weiter, so gelangen wir endlich zu einer Spannung, bei der die Entladung plötzlich abreißt. Diese Spannung und die zugehörige Stromstärke sind in Bild 4 mit V_{min} und I_{min} bezeichnet. Es ist für die Koronaentladung charakteristisch, daß sie erlischt, wenn diese beiden Werte unterschritten werden. Denken wir uns nun eine Spannung V_0 angelegt, die zwar unter dem Wert V, aber über dem

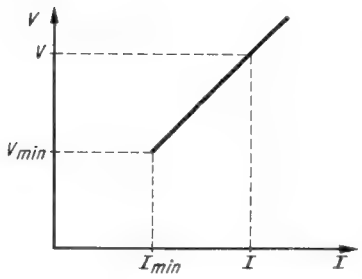


Bild 4. Korona-Charakteristik einer Zählrohrentladung

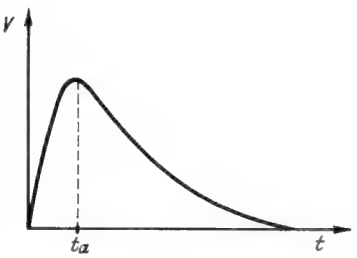


Bild 5. Oszillogramm eines Zählrohrimpulses

Wert V_{min} liegt, und nehmen wir an, daß durch das Zählrohr noch kein Strom fließt. In diesem Falle wird die Eigenkapazität C des Zählrohres und der damit verbundenen Leiterteile (in Bild 2 gestrichelt angedeutet) auf die Spannung V_0 aufgeladen sein. Löst nun z. B. ein Betateilchen durch seine Ionisation den Entladungsmechanismus aus, so wird zunächst ein Strom zu fließen beginnen und die Spannung an der Kapazität C absinken. Wird die Spannung V_{min} erreicht, so nimmt auch der Strom den Wert I_{min} an. Infolge der nun am Widerstand R_L auftretenden Überspannung, die $V_0—V_{min}$ ist, wird über diesen ein Strom

$$I = \frac{V_0—V_{min}}{R_L}$$

fließen. Wie vorher erwähnt, kann aber die Koronaentladung nur dann aufrechterhalten werden, wenn dieser Strom größer als I_{min} ist. Daher wird bei Zählrohren der Widerstand R_L immer so groß gewählt, daß der fließende Strom kleiner als I_{min} ist und die Entladung verlöschen muß. Man bezeichnet daher solche Zählrohre auch als „widerstandsgelöscht".

Betrachtet man den zeitlichen Spannungsverlauf während eines Zählvorganges auf dem Bildschirm eines Katodenstrahloszillografen[6]), so erhält man die in *Bild 5* dargestellte Kurvenform. Die Zeit t_a beträgt weniger als 10^{-6} sec und wird als die Aufbauzeit der Entladung bezeichnet. Wie aus der Kurve ersichtlich ist, kehrt die Spannung nach einer gewissen Zeit wieder auf Null zurück. Zu bemerken wäre auch noch, daß die Entladung nicht sofort nach Erreichen der Spannung V_{min} bzw. des Stromes I_{min} abreißt, weil eine gewisse Zeit benötigt wird, bis alle positiven Ionen die Zylinderwand erreicht haben und neutralisiert sind. Diese Zeit liegt in der Größenordnung von zirka 10^{-4} sec. Erst wenn keine Ionen mehr zum Stromtransport vorhanden sind, kann man die Entladung als gelöscht bezeichnen. Die Entladung löscht also nicht bei V_{min}, sondern bei einer tieferen Spannung.

Leider sind der Zählgeschwindigkeit von solchen widerstandsgelöschten Zählrohren enge Grenzen gesetzt. Wie Messungen ergeben haben, liegen die Werte für I_{min} in der Größenordnung von 0,1 bis bestenfalls 1 µA. Will man also mit einem Widerstand R_L von 100 MΩ arbeiten, so erhält man für $I_{min} = 0{,}1$ µA eine zulässige Überspannung von

$$V_0—V_{min} = R_L \cdot I_{min} = 10^8 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-6} = 10 \text{ V}.$$

Das heißt, daß man lediglich innerhalb eines Arbeitsbereiches von 10 V arbeiten könnte. Ein so kleiner Arbeitsbereich ist für die Praxis aber unbrauchbar. Erst wenn man den Widerstand mit 1000 MΩ wählt, erhält man einen brauchbaren Arbeitsbereich von 100 V. Nehmen wir nun an, daß die Eigenkapazität des Zählrohres 10 pF beträgt, so kommen wir bei einem Ableitwiderstand von 1000 MΩ auf eine Zeitkonstante von

$$\tau = 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-12} = 10^{-2} \text{ sec}.$$

Infolge dieser großen Zeitkonstante kann man mit einem solchen Zählrohr maximal nur etwa 10 bis 20 Teilchen pro Sekunde zählen. Bei höheren Teilchenzahlen würde sich der Draht des Zählrohres bald so hoch negativ aufladen, daß es zu einer Blockierung der Röhre kommt, weil die Ladung nicht rasch genug abfließen kann.

Zum restlosen Verständnis des Entladungsmechanismus sei nun noch auf die Bedeutung des Wertes V_{min} eingegangen. Wie schon erwähnt, bildet sich in einer Zeit von weniger als 10^{-6} sec eine Ionenlawine um den Zählrohrdraht aus. Durch die hohe Beweglichkeit der Elektronen verschwinden diese sehr rasch aus der Lawine. Da sich die positiven Ionen inzwischen kaum bewegt haben, steckt dann der Draht in einer positiven Raumladung, welche ihn wie ein Schlauch umgibt. Blitzartig sind dadurch die Feldverhältnisse am Draht geändert. Die Kraftlinien enden nun in der Raumladung und die hohe Feldstärke am Draht ist verschwunden. In *Bild 6* ist dieser Fall grafisch dargestellt. Das Fehlen der hohen Feldstärke am Draht wirkt sich für das Löschen der Röhre günstig aus, weil dadurch eine weitere Lawinenbildung unterbunden wird. Eine Untersuchung dieses Effektes durch Montgomery[7]) bestätigte dies. Nun wandern aber die Ionen nach außen an den Zylinder. Beim Aufprall der Ionen auf die Zählrohrwand wird von jedem Ion ein Sekundärelektron ausgelöst, das sich mit dem Ion vereinigt. Die Ionen werden daher neutralisiert. Da sie aber bei der Anlagerung von Elektronen von einem angeregten Zustand (Zustand höherer Energie) in ihren Grundzustand (Zustand niedrigster Energie) übergehen, wird die dabei freiwerdende Energie in Form von ultravioletten Lichtquanten (Photonen) abgestrahlt. Diese ultravioletten Lichtquanten treffen nun ihrerseits wieder die Wand und können Photoelektronen auslösen. Diese Wahrscheinlichkeit ist zwar sehr gering, und es sind z. B. bei einem Kupferzylinder und den Lichtquanten von Argon größenordnungsmäßig 10 000 Photonen nötig, um einmal ein Elektron auszulösen. Sind aber einmal ein oder mehrere Photoelektronen vorhanden, wandern diese sofort wieder zum Draht und der Lawinenprozeß beginnt von neuem.

Nun wird auch die Bedeutung von V_{min} klar. V_{min} ist die Spannung, bei der genügend ultraviolette Photonen vorhanden sind, um mindestens ein Photoelektron auszulösen, das den Lawinenprozeß von neuem einleitet. Aber auch die Funktion des Zählrohrableitwiderstandes R_L ist damit erklärt. Er hat die Aufgabe, die Spannung so lange unter V_{min} zu halten, bis die letzten positiven Ionen und gleichzeitig damit auch die Photonen verschwunden sind und kein Photoelektron mehr ausgelöst werden kann.

Abschließend zu dem Kapitel über nichtselbstlöschende Zählrohre soll noch erwähnt werden, daß diese Zählrohre auch mit sogenannten Löschkreisen betrieben werden können. Es handelt sich bei diesen um Schaltungen mit Elektronenröhren, die die Spannung zwischen Zylinder und Draht für eine Zeit von einigen 10^{-4} sec unter den Wert V_{min} drücken und nachher die ursprüngliche Betriebsspannung sehr rasch wieder herstellen. Solche Löschkreise wurden in der Literatur zuerst von Neher und Harper[8]) sowie von Neher und Pickering[9]) angegeben. Sie haben den Vorteil, daß mit ihrer Hilfe die Zählgeschwindigkeit auf das 20- bis 30fache erhöht werden kann. Es ist jedoch im Rahmen dieses Aufsatzes nicht möglich, näher darauf einzugehen.

Selbstlöschende Zählrohre

Wie schon erwähnt, unterscheiden sich die selbstlöschenden von den nichtselbstlöschenden Zählrohren nur durch ihre Gasfüllung. Im Jahre 1937 berichtete Trost[10]), daß ein gewisser Zusatz von mehratomigen Gasen oder Dämpfen auf die Zählrohrentladung eine löschende Wirkung ausübt. Die gebräuchlichste Füllung ist ein Gemisch aus Argon unter 90 mm und Alkoholdampf (C_2H_5OH) unter 10 mm Druck. Stever[11]) untersuchte eingehend die Eigenschaften von selbstlöschenden Zählrohren, doch kann hier nur auf das Wichtigste eingegangen werden.

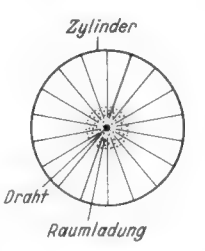


Bild 6. Feldverteilung bei positiver Raumladung um den axialen Draht

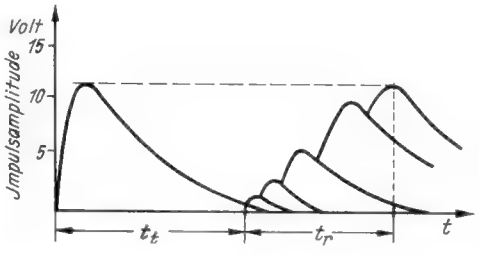


Bild 7. Darstellung der Totzeit und der kurz nach ihrem Ablauf folgenden Zählimpulse

Tritt in das Zählrohr sehr kurze Zeit, nachdem der Entladungsmechanismus durch ein Teilchen ausgelöst wurde, ein weiteres Teilchen, kann dieses so lange keine Wirkung ausüben, wie der Entladungsmechanismus noch arbeitet. Es wird also nicht gezählt. Das Zählrohr ist während des Arbeitens des Entladungsmechanismus „tot". Erst nach Ablauf einer gewissen Zeit, die in der Größe von 1 bis $5 \cdot 10^{-4}$ sec liegt, kann wieder ein Teilchen gezählt werden. Diese Zeit wird als die „Totzeit" des Zählrohres bezeichnet. In *Bild 7* ist dies grafisch dargestellt. Ein unmittelbar nach der Totzeit auftretender Zählvorgang verursacht einen Spannungsimpuls, der noch sehr klein ist. Es muß erst eine weitere, im Bild mit t_v bezeichnete Zeit vergehen, bis ein auf den Zählvorgang folgender Impuls wieder seine normale Größe erreichen kann. Diese Zeit bezeichnet Stever als „recovery time", was

sich sinngemäß mit Erholungszeit übersetzen läßt. Auch diese Zeit ist ungefähr von der gleichen Größe wie die Totzeit. Bei den weiteren Untersuchungen stellte STEVER fest, daß die Ionenlawine, die sich längs des Drahtes ausbreitet, nicht imstande war, eine kleine Glasperle, durch die der Zählrohrdraht unterbrochen war, zu überspringen. In *Bild 8* ist das von ihm verwendete Versuchszählrohr schematisch dargestellt. Der Zählvorgang blieb bei diesem Zählrohr immer auf die-

Bild 8. Zählrohr mit abgeteiltem Zählrohrdraht

jenige Hälfte des Rohres beschränkt, in welcher er ausgelöst wurde. Dies war der wesentliche Unterschied gegenüber dem Betrieb des gleichen Rohres mit reiner Argonfüllung. Die Erklärung dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß die ultravioletten Photonen, die bei der Neutralisierung der Argon-Ionen entstehen, vom Alkoholdampf absorbiert werden und so in der anderen Hälfte des Rohres keine Photoelektronen auslösen können. Selbstverständlich fehlen die Photonen durch die Absorptionseigenschaft des Alkoholdampfes auch in der anderen Hälfte des Zählrohres fast vollständig. Wir sehen also, daß die Löschwirkung des Alkoholdampfes darauf beruht, daß die ultravioletten Photonen absorbiert werden und dadurch eine Emission von Photoelektronen aus der Zählrohrwand unterbunden wird. Die Entladung erlischt also, weil die zur Aufrechterhaltung notwendigen Photoelektronen fehlen.

Befassen wir uns aber nun etwas näher mit diesem Absorptionsvorgang. Trifft ein Photon ein Alkoholmolekül, so gibt es seine Energie an dieses ab. Dadurch kommt das Molekül in einen angeregten Zustand und muß seinerseits die Energie auf irgendeine Weise wieder abgeben. Dies kann auf verschiedene Arten geschehen: 1. durch Abstrahlung langwelligeren Lichtes, 2. durch einen Zusammenstoß, 3. durch Zerfall des Moleküls. Für die weiteren Betrachtungen ist jedoch lediglich der Prozeß 3 interessant. Wenn bei jedem Zählvorgang Moleküle des Alkohols zerfallen, wird ihre Zahl mit der Zeit immer geringer, bis das Zählrohr schließlich nicht mehr anständig löscht und dadurch unbrauchbar wird. Dies ist tatsächlich der Fall und man kann mit einem Zählrohr, das mit Argon von 90 mm und Alkohol von 10 mm Druck gefüllt ist, nur etwa 300 bis 500 Millionen Teilchen zählen. Nachher ist es unbrauchbar.

Eine weitere Stütze für diese Theorie bildet die Tatsache, daß Zählrohre, die mit Kohlenwasserstoffen niedrigerer Ordnung gefüllt sind (z. B. mit Methan CH_4), eine geringere Lebensdauer aufweisen als die mit Alkohol gefüllten. Wird ein Alkoholmolekül zerstört, so können als Zerfallsprodukte auch wieder mehratomige Kohlenwasserstoffmoleküle entstehen, die genau die gleiche absorbierende Wirkung wie die Alkoholdampfmoleküle selbst haben. An diesen Zerfallsprodukten kann sich nun der Absorptionsprozeß wiederholen. Bei Methan hingegen, das ohnehin schon ein sehr kleines Molekül bildet, können aus einem Molekül überhaupt keine Kohlenwasserstoffe mehr entstehen.

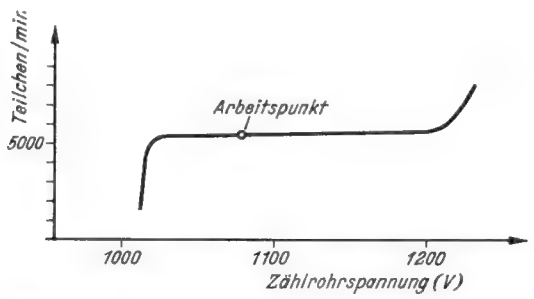


Bild 9. Plateau eines argon-alkoholgefüllten Zählrohres

Es ist wohl ein Nachteil der selbstlöschenden Rohre, daß ihre Lebensdauer begrenzt ist, doch nimmt man ihn gern in Kauf, da die erreichbaren Zählgeschwindigkeiten sehr hoch liegen. Bei sorgfältig hergestellten Rohren kann der Zählrohrwiderstand bis auf 1 MΩ verkleinert werden, wobei sich Zählgeschwindigkeiten von 100 000 Teilchen pro Minute erreichen lassen, während man es bei widerstandsgelöschten Rohren nur auf 1000 bis 2000 Teilchen bringen kann.

Bild 9 zeigt den Arbeitsbereich eines selbstlöschenden Zählrohres. Er verläuft in einem weiten Bereich nur sehr schwach ansteigend und man spricht deshalb auch vom „Plateau" eines Zählrohres. Es ist zweckmäßig, den Arbeitspunkt gegen Ende des ersten Drittels des Plateaus zu wählen, weil bei hohen Teilchenzahlen der Bereich an seinem rechten Ende kürzer wird und der Arbeitspunkt dann etwa in die Mitte zu liegen kommt. Die Neigung des Plateaus bezeichnet man als seine Steilheit. Sie soll nicht mehr als 5 bis 6 Prozent betragen.

Die Zählung von Gammastrahlen

Ist ein Alpha- oder ein Betateilchen in ein Zählrohr eingetreten, so sind längs seiner Bahn genügend Ionen bzw. Elektronen vorhanden, um den Zählvorgang einzuleiten. Der Wirkungsgrad des Zählrohres liegt daher auch nahe an 100 Prozent. Bei Gammastrahlen ist dies jedoch nicht der Fall, weil sie nur sehr schwach ionisieren. Das hat zur Folge, daß Gammaquanten durch das Zählrohr einfach hindurchgehen, ohne direkt gezählt zu werden. Nur ein ganz geringer Anteil der Gammaquanten, nämlich ein bis bestenfalls einige Promille, werden in der Wand des Zählrohres absorbiert. Diese absorbierten Gammaquanten lösen aber in der Wand des Zählrohres sehr durchdringende Sekundärelektronen aus, und diese werden dann beim Durchgang durch das Zählrohr genau so wie die Betateilchen gezählt. Der Wirkungsgrad der Zählrohre für Gammastrahlung ist also sehr gering. Man kann ihn allerdings etwas erhöhen, wenn man an der Innenwand des Zählrohres eine Bleifolie von 0,1...0,2 mm Dicke anbringt. Durch die höhere Absorption des Bleies werden mehr Gammaquanten absorbiert und auch mehr Sekundärelektronen erzeugt als bei Metallen mit kleinerer Dichte, und der Wirkungsgrad steigt bei der Gammastrahlung des Radiums auf das Doppelte und für die weiche Gammastrahlung des radioaktiven Jodes sogar auf das Fünffache.

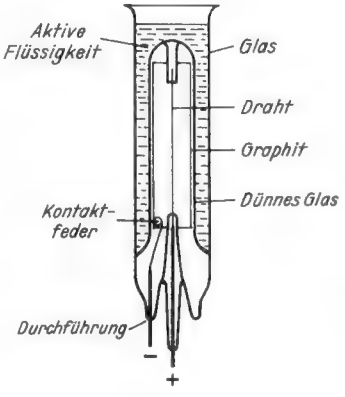


Bild 10. Flüssigkeitszählrohr

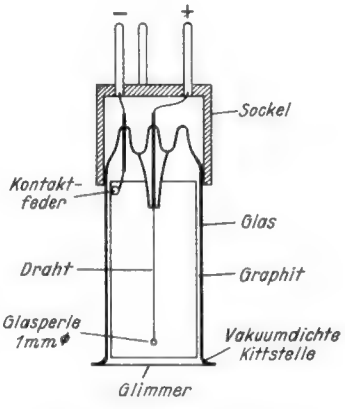


Bild 11. Glockenzählrohr für sehr weiche Betastrahlen

Zählrohrtypen

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Typen von Zählrohren entwickelt und in den Handel gebracht, um je nach Verwendungszweck immer mit einem möglichst guten Wirkungsgrad messen zu können. Deshalb sei zum Schluß auf die wichtigsten Typen kurz eingegangen. Ausschlaggebend für die Wahl einer bestimmten Zählrohrtype sind: 1. die Art der zu messenden Strahlung, 2. die Härte (Durchdringungsfähigkeit) der Strahlung und 3. die Form der zu messenden Probe.

Für die Messung von Gammastrahlen werden Zählrohre wie in Bild 1 verwendet. Das zu untersuchende Präparat wird nahe an das Zählrohr herangebracht. Bei stark aktiven Präparaten wählt man selbstverständlich den Abstand etwas größer. Handelt es sich hingegen um ein Präparat in flüssiger Form, so füllt man die Flüssigkeit in ein zylindrisches Gefäß und taucht das Zählrohr von oben her bis nahe an den Sockel ein.

Bei harter Betastrahlung werden ganz ähnliche Zählrohre verwendet, die jedoch eine sehr dünne Glaswand (0,1...0,2 mm stark) besitzen. An Stelle des Metallzylinders ist bei diesen Rohren die Innenseite des Glases mit einem dünnen, leitenden Belag (Graphit, chemische Versilberung oder ähnliches) versehen, der an Stelle des Metallzylinders die Katode bildet. Selbstverständlich kann auch diese Röhre als Tauchzählrohr zur Messung flüssiger Proben verwendet werden.

Für die Messung flüssiger Proben wurden aber auch besondere Zählrohre entwickelt, die die angenehme Eigenschaft haben, daß man zur Messung nur wenig Flüssigkeit (10 cm^3) braucht. So kann die Konzentration der Probe entsprechend hoch gehalten werden und die geometrischen Verhältnisse sind, wie man sich an Hand von *Bild 10* leicht überlegen kann, immer genau gleich.

Besonders häufig und gerne werden die sogenannten Glimmerfenster- oder Glockenzählrohre verwendet *(Bild 11)*. Der Eintritt der Strahlung erfolgt bei dieser Röhre durch ein sehr dünnes Glimmerfenster von unten her. Glimmer läßt sich in sehr dünne Folien spalten, die sich trotzdem durch sehr hohe Druckfestigkeit auszeichnen. Es ist möglich, so dünne Folien herzustellen, daß ein Quadratzentimeter der Folie nur 1,5...2 mg wiegt. Dies macht solche Zählrohre für ganz weiche Betastrahlung besonders geeignet.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß in der letzten Zeit auch Zählrohre unter der Bezeichnung „halogengelöscht" entwickelt und auf den Markt gebracht wurden. Diese Rohre besitzen an Stelle des Alkoholdampfzusatzes einen Zusatz von Chlor- oder Bromdampf. Sie haben den Vorteil, daß sie unter Beibehaltung der guten Löscheigenschaften und der hohen Zählgeschwindigkeit eine unbegrenzte Lebensdauer und eine sehr niedrige Betriebsspannung haben (300 bis 400 V). Sie können außerdem auch noch bei sehr tiefen Temperaturen (bis —60° C) verwendet werden. Dies ist bei Alkoholdampffüllung nicht möglich, weil schon bei Temperaturen unter +10° C Kondensation des Dampfes eintritt.

Erwähnt sei auch noch, daß nach dem zweiten Weltkrieg dem Geiger-Müller-Zähler in dem sogenannten Szintillationszähler ein ernster Konkurrent erwachsen ist. Besonders für die Zählung der Gammastrahlen ist der Szintillationszähler dem Geiger-Müller-Zähler durch seine bis zu 100mal größere Empfindlichkeit weit überlegen.

Literaturverzeichnis

[1]) E. Rutherford und H. Geiger: Proc. Roy. Soc. *A 81*, S. 141 (1908).
[2]) V. F. Heß und R. W. Lawson: Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung der öst. Akad. d. Wiss., Nr. 90 (1915/16).
[3]) V. F. Heß und R. W. Lawson: dsgl., Nr. 93 (1915/16).
[4]) H. Geiger: Verh. d. Deut. Phys. Ges., *15*, S. 534 (1913).
H. Geiger: Phys. Zts., *14*, S. 1129 (1913).
[5]) H. Geiger und W. Müller: Phys. Zts., *29*, S. 839 (1928); Phys. Zts., *30*, S. 489 (1929).
[6]) H. G. Stever: Phys. Rev., *61*, S. 39 (1942).
[7]) C. G. und D. D. Montgomery: Phys. Rev., *57*, S. 1030 (1940).
[8]) H. V. Neher und W. W. Harper: Phys. Rev., *49*, S. 940 (1936).
[9]) H. V. Neher und H. W. Pickering: Phys. Rev., *53*, S. 316 (1938).
[10]) A. Trost: Phys. Zts., *105*, S. 399 (1937).
[11]) H. G. Stever: Phys. Rev., *61*, S. 38 (1942).

Die Technik der Ultraschallgeräte

Von Dr. Helmuth Osken

Nachdem in einem früheren Beitrag ein Überblick über den Ultraschall gegeben wurde (ELEKTRONIK Nr. 2, Mai 1952), sollen in der vorliegenden Arbeit die Geräte für Ultraschallerzeugung, vor allem in der medizinischen Anwendung, näher betrachtet werden.

Als man erkannt hatte, daß der Ultraschall günstige Wirkungen auf verschiedene Krankheitsprozesse zeigt, setzte nach dem zweiten Weltkrieg eine ständig wachsende Nachfrage nach leistungsfähigen Ultraschall - Geräten ein. Die Entwicklung mußte also unbedingt betriebssichere und in der Bedienung einfache Geräte herausbringen. Mit welcher Schall-Leistung muß man nun bei den Geräten der Elektromedizin rechnen? Wichtig ist zunächst die Schalldichte, d. h. die abgegebene Schall-Leistung pro cm², die sich aus medizinischen Belangen ergibt und für welche maximale Werte von 4 Watt/cm² üblich sind. Die gesamte abgegebene Leistung ist dann von der Größe der den Ultraschall abstrahlenden Fläche abhängig, die bei den heutigen Geräten zwischen 5 und 10 cm² beträgt. Daraus ergeben sich Gesamtleistungen von 20 bis 40 Watt.

Die Sender arbeiten mit Hf - Leistungen von 50 bis 100 Watt bei Frequenzen von etwa 800 bis 1000 kHz [1], wobei die zur Anwendung kommenden Schaltungen eine ganze Skala von Möglichkeiten darstellen, welche vom eigenerregten, mit Halbwellenbetrieb arbeitenden Generator bis zum mehrstufigen Sender mit Quarzsteuerung und Gleichstromspeisung reicht. Gemeinsam ist bei allen Ultraschall-Geräten die Anordnung der Hauptteile. Der Sender mit zugehöriger Stromversorgung findet seinen Platz in einem Gehäuse, von dem die Hf-Energie zu dem Behandlungskopf geführt wird, in welchem die Umwandlung in Ultraschall-Energie erfolgt.

Der Sender

Die Forderung nach einem leicht bedienbaren Sender zwingt den Konstrukteur dazu, nur die allernotwendigsten Bedienungsknöpfe und Meßinstrumente vorzusehen und diese übersichtlich anzuordnen.

Bild 1 zeigt die Schaltung eines einstufigen Senders mit induktiver Spannungsteilerschaltung. Der Schwingkreis wird durch die Gesamtinduktivität der Spule und die Summe der Kapazitäten von Spule (Eigenkapazität), Kabel und Quarz gebildet. Die Anode der RS 282 ist zur Anpassung an einen Abgriff der Spule gelegt. Zur Feinabstimmung des Generators auf die Frequenz des Ultraschall-Quarzes dient eine Scheibe, die mit Hilfe einer Gewindespindel innerhalb der Spule gehoben und gesenkt werden kann. Der Sender arbeitet mit Halbwellenbetrieb; die abgestrahlte Ultraschall-Leistung läßt sich durch Regelung der Primärspannung des Hochspannungstransformators verändern. Ein im Anodenkreis liegendes Milliamperemeter gibt dem Bedienenden einen Anhaltspunkt für die Ultraschall-Leistung. Naturgemäß arbeitet ein solcher einstufiger Sender nicht rückwirkungsfrei. Bei wechselnder Quarzbelastung treten Frequenzschwankungen des Senders auf, welche sich als Leistungsänderungen bemerkbar machen.

Dieser Nachteil hat zur Verwendung mehrerer Stufen geführt, die ein absolut rückwirkungsfreies Arbeiten eines damit ausgestatteten Gerätes garantieren. In *Bild 2* ist das Blockschaltbild eines mehrstufigen Senders für 40 Watt maximaler Ultraschall-Leistung wiedergegeben. Es sind drei Stufen vorgesehen: Oszillator-, Trenn- und Leistungsstufe. Der Oszillator arbeitet mit einem Quarz, wobei die Eigenfrequenzen des Schwing- und Ultraschall-Quarzes genau über-

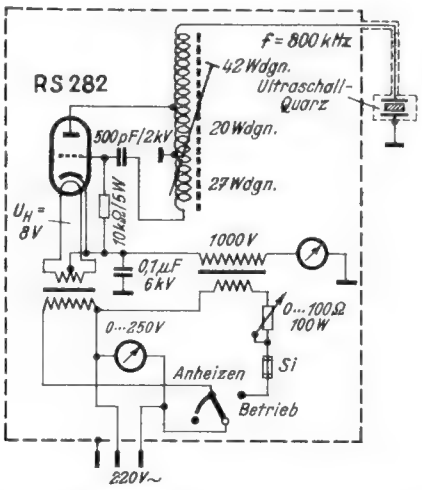


Bild 1. Schaltung eines einstufigen Senders im Halbwellenbetrieb für ein Ultraschallgerät

einstimmen müssen. Auf die Oszillatorstufe folgt die Trennstufe, die dazu dient, die Oszillatorstufe von der Leistungsstufe zu entkoppeln und die Steuerleistung der Endstufe zu erhalten, ohne den Oszillator nennenswert zu belasten. Die Leistungsstufe schließlich erzeugt die Hf - Energie, die dem Ultraschall - Quarz über einen Resonanztransformator zugeführt wird. Die Schalleistung läßt sich durch Verändern der negativen Gittervorspannung der Leistungsröhre regeln, während die Anzeige der relativen Leistung durch ein am Resonanztransformator liegendes Röhrenvoltmeter erfolgt.

Bild 2. Blockschaltbild eines mehrstufigen Ultraschallsenders mit Quarzoszillator

Der Netzteil eines solchen Gerätes wird derart ausgeführt, daß die einzelnen Stufen mit gesonderten Anodenspannungen versorgt werden, wobei diejenige für die Quarzstufe außerdem stabilisiert ist. Vom aufbaumäßigen Gesichtspunkt ist es bemerkenswert, daß die einzelnen Teile des Senders in Fächern untergebracht sind, welche sich bei Reparaturarbeiten herausziehen lassen oder bei Bedarf ausgetauscht

werden können. In ihrem Aufbau erinnern solche hochwertigen Hf-Generatoren für Ultraschall-Geräte an kommerzielle Sender kleinerer Leistung.

Der Behandlungskopf

Der Behandlungskopf ist so gestaltet, daß er eine handliche Form besitzt und die hohen, am Quarz liegenden Hf-Spannungen von mehreren Kilovolt isolationstechnisch bewältigt; weiterhin muß eine Abführung der entstehenden Wärme erfolgen können, falls nicht künstliche Kühlung vorgesehen ist.

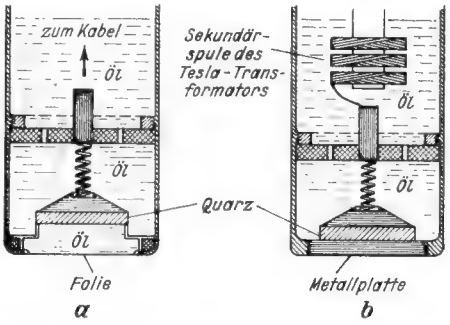


Bild 3. Grundsätzlicher Aufbau von Behandlungsköpfen a mit Abschlußfolie. b mit Metallplatte

Eine Hauptschwierigkeit bildet die Übertragung der Schallschwingungen vom Ultraschall - Quarz zum Behandlungsort. Man hat das Problem zunächst so zu lösen versucht, daß der Quarz seine Energie über ein geeignetes, ihn umgebendes Öl auf eine abschließende Folie wirken ließ, wie dies in *Bild 3a* dargestellt ist. Abgesehen davon, daß Folien, selbst wenn diese aus hochwertigem Material hergestellt werden, immer der Gefahr des Einreißens ausgesetzt sind, treten bei Beschallung von menschlichem Gewebe an der Grenzfläche Folie — Haut Wärmeschmerzen auf, die bei stärkerer Dosierung zu Verbrennungen führen können. Deshalb hat man die ursprüngliche Konstruktion verlassen und ist bei modernen Behandlungsköpfen dazu übergegangen, als Abschluß an Stelle der Folie eine verhältnismäßig dicke Metallplatte zu wählen. Dabei ist der geschilderte ungünstige Effekt nicht vorhanden. Die Dicke der Platte muß in einem bestimmten Verhältnis zur benutzten Wellenlänge der Ultraschall - Schwingungen im Metall stehen $\left(\approx \frac{n}{2} \cdot \lambda$, wobei n ganze Zahlen und λ die Wellenlänge bedeuten$\right)$, um maximale Energie durch die Platte zu bekommen. Verwendet man als Material für die Abschlußplatte beispielsweise Messing, so erhält man dafür bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit $c = 3200$ m/sec und bei einer Frequenz von $f = 1$ MHz die Ultraschall-Wellenlänge von

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3200 \cdot 10^2}{10^6} = 0{,}32 \text{ cm}.$$

Eine Messingplatte mit einer Stärke von 0,96 cm $= \frac{6}{2}$ Wellenlängen würde also als Abschlußplatte geeignet sein.

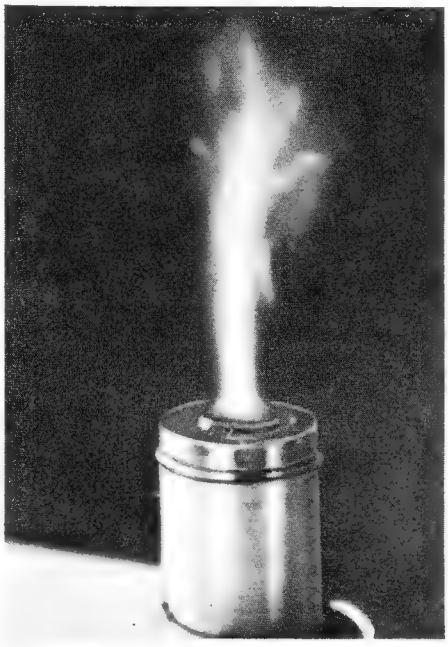


Bild 4. Prüfung eines Behandlungskopfes. Ein auf die schwingende Platte gebrachter Wassertropfen wird unter der Einwirkung der hohen Schalldrücke zu Nebel zerstäubt

Man legt den Ultraschall - Quarz unmittelbar auf die den Behandlungskopf abschließende Platte, wobei diese gleichsam die eine Belegung des Quarzes bildet. Die andere Belegung führt hochgespannte Hochfrequenz aus der Sekundärspule des Teslatransformators, welcher ebenfalls im Behandlungskopf untergebracht ist. Durch diese Anordnung entfällt das bei älteren Konstruktionen notwendig gewesene hochspannungssichere und verlustarme Kabel, das durch die mechanische Beanspruchung besonders an seiner Anschlußstelle am Behandlungskopf zu einer Quelle öfters auftretender Störungen werden konnte. In *Bild 3b* ist eine Prinzipskizze der Teilanordnung im Behandlungskopf wiedergegeben.

Bild 4 zeigt einen Behandlungskopf im Betrieb, auf dessen schwingende Fläche man etwas Wasser aufgebracht hat. Wird der Sender eingeschaltet und der Leistungsregler langsam aufgedreht, dann bemerkt man ein Wallen der Wasseroberfläche wie zu Beginn des Kochvorganges. Bei größeren Schallwechseldrücken entsteht aus der unruhigen Oberfläche ein kleiner Sprudel, dessen Flüssigkeitspartikel bei weiterer Steigerung der Schalleistung zerrissen und zu Nebel zerstäubt werden, wie das aus dem Bild ersichtlich ist. Man kann den Sprudel, da dessen Höhe vom wirksamen Schallwechseldruck abhängig ist, zur Abstimmung des Gerätes heranziehen, falls kein Schallwechseldruckmeßgerät zur Verfügung steht. Es läßt sich dazu eine Anordnung nach *Bild 5* verwenden. Der Behandlungskopf strahlt die Ultraschall-

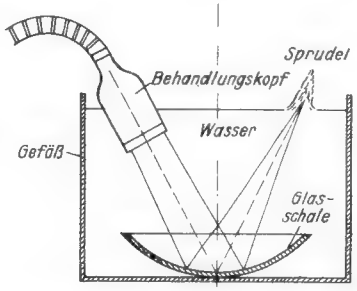


Bild 5. Sprudelbildung infolge Reflexion von Schallwellen an einer unter Wasser befindlichen konkaven Glasschale

Schwingungen unter einem Winkel gegen den Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, in dem sich eine konkave Glasschale befindet. Diese wirkt an ihrer Grenzfläche Wasser — Glas als Hohlspiegel für Schallwellen und reflektiert diese unter gleichzeitiger bündelnder Wirkung zur Wasseroberfläche. Hier entsteht ein starker Sprudel, dessen Höhe ein Maß für die Leistung und die richtige Abstimmung des Senders ist.

Mit Hilfe des Sprudels läßt sich die Rückwirkung des belasteten Ultraschall-Quarzes auf dem Hf-Generator demonstrieren. Man empfängt die Frequenz eines einstufigen, möglichst im Halbwellenbetrieb arbeitenden Senders im Mittelwellenbereich eines Rundfunkempfängers, wie dies im Labor des Verfassers zum Nachweis von Überschlägen bei Isolationsstörungen im Behandlungskopf geschieht. Beim Arbeiten ohne Energieentzug hört man im Lautsprecher das typische Halbwellenbrummen. Erzeugt man einen Sprudel, am besten nach der Anordnung gemäß Bild 5, so geht das Halbwellenbrummen in einem polternden Geräusch unter, das bei höheren Schallwechseldrücken größer wird und beim Zusammenfallen oder einer Störung des Sprudels, beispielsweise durch einen hineingehaltenen Finger, verschwindet.

Selbstverständlich ist es wichtig, um optimale Übertragung der Ultraschall-Energie auf den zu behandelnden Körperteil zu erzielen, daß jeder noch so geringfügige Luftzwischenraum vermieden wird, da Luft einen sehr schlechten Leiter für den Ultraschall darstellt. Man verwendet deshalb eine „Koppelsubstanz" in Form eines geeigneten Öles oder man benutzt ein Wasserbad.

Gleich- und Impulsschall

Während die bisher betrachteten Geräte für Gleichschall ausgelegt waren (auch Geräte mit pulsierendem Schall bei Wechselstromspeisung kann man hierzu rechnen), ist man in der neueren Entwicklung dazu übergegangen, neben dem Gleichschall auch mit kurzzeitigen Ultraschall-Rechteckimpulsen zu arbeiten [2]. Die Veranlassung dazu gab die Erkenntnis, daß bestimmte Erkrankungen wesentlich bessere Heilergebnisse bei Anwendung verhältnismäßig geringer Ultraschall-Leistung zeigten. Man kann einmal die Apparateleistung wesentlich herabsetzen; das hat aber den Nachteil, daß die Schallamplitude möglicherweise unter die biologisch wirksame Grenze verschoben wird. Besser ist es, den Gleichschall in Rechteckimpulse aufzuteilen, wobei nur ein genau definierter Bruchteil der Gleichschalleistung zur Wirkung kommt [3]. In *Bild 6* ist das Gesagte dargestellt. a gibt die kontinuierliche Gleichschallamplitude in Abhängigkeit von der Zeit

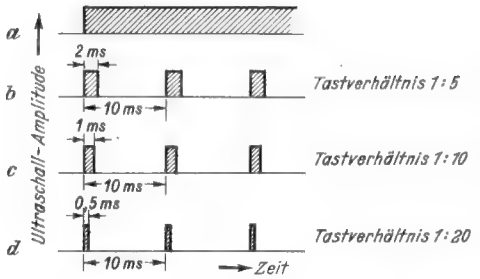


Bild 6. Gleichschall a und Impulsschall b, c und d; Herabsetzung der Schalleistung bei konstanter Amplitude durch Aufteilung in Impulse

wieder; b, c, d sind Schallimpulse für abnehmendes Tastverhältnis. Man erkennt, daß die Amplitude in jedem Fall die Höhe der des Gleichschalles besitzt, die abnehmende Leistung jedoch durch Verringerung der Impulsdauer erzielt wird. Tausend Einzelschwingungen je Impuls mit einer Impulsdauer von z. B. einer Millisekunde (Frequenz 1 MHz) genügen, um eine biologische Reaktion einzuleiten und während der Impulsfolgezeit von 10 ms zu erhalten. Die Herstellung der Ultraschall - Impulse bereitet keine besonderen Schwierigkeiten; man tastet in bekannter Weise die Leistungsstufe des Senders, indem die von einem Multivibrator erzeugten positiven Impulse die durch eine negative Gittervorspannung gesperrte Röhre während der Dauer des Impulses öffnen. *Bild 7* zeigt ein transportables Gerät für Gleich- und Impulsschall, das nach dem Impulsschema von Bild 6 arbeitet.

Vereinfachung der Bedienung

Bei den Ultraschall - Geräten neuester Konstruktion hat man die Bedienung in der Weise weiter vereinfacht, daß die gewünschte Leistung bei Gleichschall in einzelnen Stufen eingestellt werden kann. Diese Leistungsstufen sind vom Herstellerwerk geeicht, so daß während der Behandlung eine genau definierte Ultraschall - Leistung in entsprechender Unterteilung zur Verfügung steht. Allerdings ist die vom Gerät gelieferte Leistung nur dann voll wirksam, wenn diese am Ort der Behandlung auch wirklich zur Entfaltung kommt, also die schwingende Fläche des Behandlungskopfes an das zu beschallende Medium optimal angekoppelt ist. Bei verkantetem Behandlungskopf, um einen Fehler zu nennen, ist das nicht der Fall. Um solche Behandlungsfehler zu vermeiden, wurde eine Sichtanzeige in Form einer

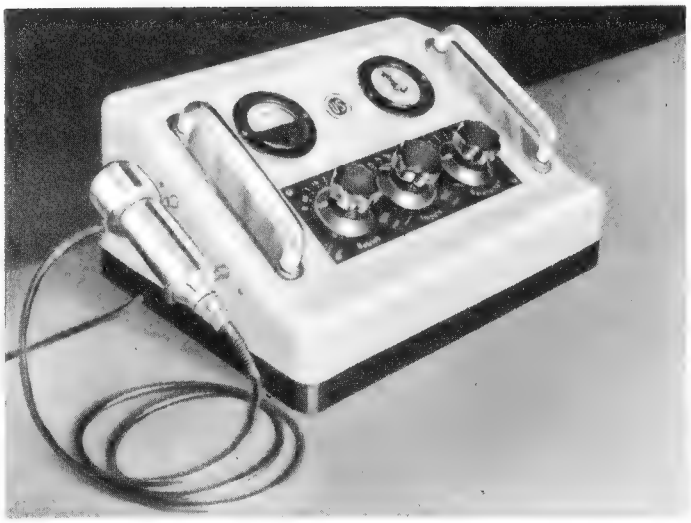


Bild 7. Transportables Gerät für Gleich- und Impuls-Schall (Ultra-Schall-Gerätebau Dr. Born GmbH)

kleinen Glühlampe am Behandlungskopf vorgesehen, die dann aufleuchtet, wenn während der Behandlung die volle, mindestens aber 66 % der am Stufenschalter eingestellten Ultraschall - Leistung zur Wirkung kommt; wird der Wert unterschritten, erlischt die Glühlampe, und der Behandelnde weiß, daß in der Übertragung vom Behandlungskopf auf das zu beschallende Gewebe etwas nicht stimmt, der Behandlungskopf verkantet ist oder überhaupt nicht richtig aufsitzt. Man ist auch noch einen Schritt weitergegangen und hat eine Uhr, die die Behandlungszeit wiedergibt, in das System eingeschaltet. Die Uhr zeigt nur die Zeit an, in der die Ultraschall - Leistung auch wirklich im zu beschallenden Gewebe zur Verfügung steht; andernfalls wird das Laufwerk der Uhr gestoppt und erst wieder freigegeben, wenn der Ankopplungsfehler korrigiert ist.

Literatur

[1] R. Pohlmann, R. Richter und E. Parow, Deutsche Medizinische Wochenschrift (1939) S. 251
[2] H. Born, Ultraschallkongreß in Rom 1950
[3] D. Wulff, Der Ultraschall in der Medizin, Bd. 3 (1951) S. 70

Die Drehzahlregelung von Gleichstrommotoren über Ionenröhren

Von Dr.-Ing. A. Grün

Nach den allgemeinen Ausführungen über die linear aufgebauten Steuerungen und die kreisförmigen Regelschaltungen in den letzten Elektronik-Nummern[1])[2]) wollen wir heute eine Drehzahlregelung näher besprechen. Wir wollen dabei noch einmal hervorheben, daß wir unter einer Regelung eine Kreisschaltung mit dem Ziel des selbsttätigen Konstanthaltens einer Größe, hier also der Drehzahl, verstehen. Das, was man gemeinhin bisher als Drehzahlregler bezeichnete, sind meistens Elemente zum „Steuern" der Drehzahl, wie z. B. die Drehzahlpotentiometer P_1 oder P_2 im Bild 5 der Elektronik 1953, Nr. 1, S. 3. Die dort gezeichnete Schaltung ist vereinfacht im *Bild 1* wiederholt worden. Dabei wurde der mehrphasige Gleichrichtersatz einphasig dargestellt, das Motorfeld, als hier nicht wichtig, weggelassen und mit dem Motor selbst ein Tachometer-Generator TG gekuppelt. Dann ist die von der Tachometermaschine gelieferte Spannung U_{TG} der Drehzahl n proportional.

Das Verhältnis der Ankerspannungsänderung ΔU_a zu der sie verursachenden Gitterspannungsänderung ΔU_g haben wir in einem früheren Aufsatz[3]) als Verstärkungsgrad der Gleichrichterschaltung bezeichnet. Wir wollen ihn hier v_1 nennen, so daß also ist:

$$v_1 = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \qquad (1)$$

Das Verhältnis der Tachometerspannungsänderung ΔU_{TG} zu der sie verursachenden Ankerspannungsänderung ΔU_a sei

$$v_2 = \frac{\Delta U_{TG}}{\Delta U_a} \qquad (2)$$

Die Schaltung nach Bild 1 ist eine reine Drehzahlsteuerung, bei der die von der Tachometermaschine gelieferte Spannung U_{TG} sich entsprechend der steuernden Gitterspannung U_g einstellt. Eine Regelschaltung erhält man hieraus, wenn man die die Drehzahl anzeigende Tachometerspannung selbst wieder zur Beeinflussung des Gleichrichters benutzt, sie also z. B. wie in *Bild 2* in den Gitterkreis einfügt. Steigt jetzt die

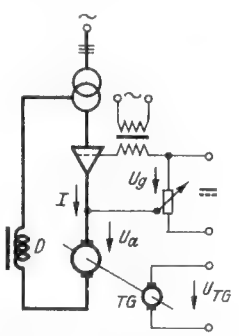


Bild 1. Drehzahlsteuerung mit Tachometer-Generator als Drehzahlanzeiger

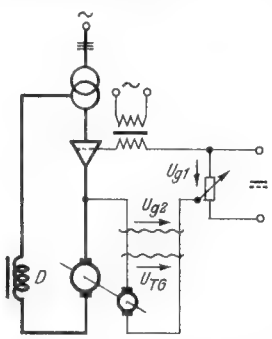


Bild 2. Drehzahlregelung mit Tachometer-Maschine im Regelkreis

Drehzahl und damit die Tachometerspannung U_{TG}, so muß sich die Gitterspannung in der Weise ändern, daß die Drehzahl wieder sinkt, d. h. annähernd auf dem eingestellten Wert bleibt, was bei der gezeichneten Polarität der Tachometermaschine der Fall ist.

Zur Untersuchung und Beurteilung solcher Regelschaltungen, die immer Kreisschaltungen sind[1]), schneidet man sie an irgendeiner Stelle auf. Dies ist in Bild 2 durch die beiden Wellenlinien angedeutet. Wie man sieht, erhält man hierdurch wieder die Steuerung von Bild 1. Bringt man an der Schnittstelle eine Gitterspannung U_{g2} an, die gerade

ebenso groß ist wie die Tachometerspannung U_{TG}, so ist das System offenbar im selben Zustand wie vor Anbringung des Schnittes. Ändert man jetzt jedoch die Gitterspannung U_g um einen kleinen Betrag ΔU_g, so wird sich als Tachometerspannungsänderung ΔU_{TG} ein Wert ergeben, der um den Verstärkungsfaktor

$$v = v_1 \cdot v_2 = \frac{\Delta U_{TG}}{\Delta U_g} \tag{3}$$

größer ist als ΔU_g. Soll trotz dieser Änderung das System noch im Gleichgewicht sein, so muß man offenbar noch eine Spannung hinzufügen oder abziehen. Diese wollen wir mit ΔU_s bezeichnen, um damit anzudeuten, daß es sich hier um eine Störspannung handelt, die, wenn sie in dieser Größe auftritt, eine Änderung der Gitterspannung um den Betrag ΔU_g hervorruft. Es muß also sein:

$$\Delta U_g = \Delta U_{TG} + \Delta U_s \tag{4}$$

oder wenn wir hier (3) einsetzen:

$$\Delta U_g = v \cdot \Delta U_g + \Delta U_s \tag{5}$$

Das Verhältnis von ΔU_g zu ΔU_s bezeichnen wir als Regelgrad, weil es angibt, wie sich die zu regelnde Größe bei geschlossenem Regelkreis zu der bei offenem Regelkreis verhält. Wir erhalten für ihn aus (5):

$$R = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_s} = \frac{1}{1 - v} \tag{6}$$

Verlaufen z. B. die Drehzahlkennlinien wie in *Bild 3,* wobei die ausgezogene Linie einer reinen Drehzahlsteuerung entspricht, so kann man durch eine solche Regelung mit dem Regelgrad R die Drehzahlkennlinie bis nahe an die Horizontale anheben, so daß man etwa den gestrichelten Verlauf erhält. Bezeichnet man die Abweichung von der Horizontalen mit der Regelung als Δn_m und ohne Regelung als Δn_o, so ist der Regelgrad in diesem Falle das Verhältnis:

$$R = \frac{\Delta n_m}{\Delta n_o} \tag{6a}$$

Mit den früher ermittelten Verstärkungsgraden von Gleichrichterschaltungen[3]) läßt sich der Regelgrad unter Benutzung der Gleichung (6) leicht überschlagen. Für eine Zweiphasenschaltung erhielten wir dort $v_1 = 9$. Benutzen wir eine Tachometermaschine, die bei der Nenndrehzahl gerade ein Drittel der Ankerspannung des Motors liefert, so ist die Gesamtverstärkung des aufgeschnittenen Regelkreises $v = 9 \cdot {}^1/_3 = 3$. Wie erwähnt, muß die Spannung der Tachometermaschine in den Gitterkreis gerade so eingefügt werden, daß eine Erhöhung der Spannung spannungsherabsetzend wirkt, d. h. die Kreisschaltung muß der Wirkung nach eine Gegenkopplung sein, in der die Phase der Ausgangsspannung gegenüber der Phase der Eingangsspannung um 180° gedreht ist. Das bedeutet, wir müssen die Verstärkung v mit negativem Vorzeichen als $v = -3$ einsetzen, was nach (6) einen Regelgrad $R = 0{,}25$ ergibt, d. h. die durch irgendwelche Störungen verursachten Drehzahländerungen werden durch diese Regelschaltung auf ein Viertel ihrer Größe herabgesetzt.

Überlegen wir uns, was man mit einer solchen Regelung erreichen kann. Dazu ist es notwendig, die Einflüsse der verschiedenen möglichen Störungen zu kennen. In einer der letzten ELEKTRONIK-Beilagen[1]) wurde erwähnt, daß der normale Drehzahlabfall von Gleichstrom-

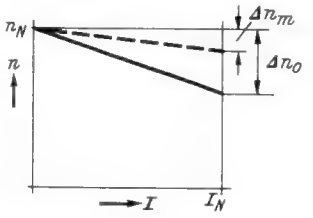


Bild 3. Drehzahlkennlinien bei Steuerung und Regelung eines Gleichstrommotors

Nebenschlußmotoren zwischen Leerlauf und Vollast etwa 5...10 %, bezogen auf die Nenndrehzahl, beträgt. Außerdem ist die vom Gleichrichtersatz gelieferte Ankerspannung bei festem Zündwinkel der Wechselspannung proportional, d. h. einer 10 %igen Schwankung der Netzspannung entspräche bei reiner Steuerung auch eine Schwankung der Drehzahl um 10 %. Falls nicht noch weitere Störungen über den Gitterkreis hineinkommen, die natürlich auch im günstigen Sinne wirken können und über die in anderem Zusammenhang noch gesprochen werden soll, kann man also bei 20 % Netzspannungsschwankungen (± 10 %) und 10 % stromabhängigem Drehzahlabfall mit insgesamt $1{,}2 \cdot 1{,}1 = 1{,}32$, d. h. 32 % Drehzahlabfall, bezogen auf die Nenndrehzahl, rechnen. Diese mögliche Drehzahlschwankung wird durch die oben besprochene Regelung auf ein Viertel, also auf 8 %, herabgesetzt. Reicht dies noch nicht, so kann man den Verstärkungsgrad v des Regelkreises durch Einschalten von Verstärkern zwischen Tachometermaschine und Gittersteuerung in einfacher Weise so weit wie nötig erhöhen. Allerdings ergibt sich hier sehr bald eine Grenze durch die dann häufig zu beobachtende Pendelneigung der Anordnung.

Da wir es mit einer Kreisschaltung zu tun haben, so ist die Tatsache der möglichen Selbsterregung, die bei genügender Verstärkung und richtiger Phasenlage eintreten muß, jedem Rundfunktechniker geläufig. Während in der Funktechnik die Selbsterregung oft erwünscht (häufig aber auch dort unerwünscht) ist, besteht die Aufgabe der Regeltechnik hauptsächlich darin, die Verstärkung so hoch wie möglich zu treiben, um eine gute Regelung zu erhalten, dabei aber die Schwingneigung auf alle Fälle bis auf ein unschädliches Maß herabzusetzen. Die Wege hierzu sollen in späteren Aufsätzen besprochen werden.

[1]) Elektronische Bausteine IV, ELEKTRONIK 1953, Nr. 1, S. 4.
[2]) ELEKTRONIK 1953, Nr. 1, S. 3.
[3]) ELEKTRONIK 1953, Nr. 3, S. 19.

Berichte aus der Elektronik

Ein Thyratron mit kalter Katode

Viele elektronische Einrichtungen, die mit Thyratrons ausgerüstet sind, müssen ständig betriebsbereit sein bzw. sollen sofort nach dem Einschalten ohne Anheizzeit arbeiten. Dies gilt z. B. für Lichtsteueranlagen, Sicherheitseinrichtungen mit Fotozellen usw. Gerade die letztgenannten Einrichtungen werden nur selten wirklich in Funktion treten.

Es ist daher sehr zu begrüßen, daß jetzt auch Thyratrons mit kalter Katode erhältlich sind, bei denen keine Heizspannung notwendig ist. Eine solche Röhre ist das Valvo-Thyratron PL 1267, dessen Ansicht *Bild 1* zeigt. Außer der kalten Katode und der Anode weist es (statt eines Gitters) noch eine Hilfsanode auf. Sie leitet den Zündvorgang unabhängig von der Spannung der Hauptanode bei mindestens 70 und höchstens 90 Volt ein. Damit ergibt sich die Möglichkeit, diese Röhre unmittelbar an einem 110-Volt-Netz zu betreiben. Universell verwendbare Thyratronstufen wird man also immer für diese Spannung auslegen, und man wird ihnen für höhere Netzspannungen einen Spartransformator oder einen Spannungsteiler vorschalten.

Bild 1. Valvo-Thyratron PL 1267 mit kalter Katode

Als Beispiel für einen vielseitig verwendbaren elektronischen Baustein zeigen wir in *Bild 2* die Prinzipschaltung einer lichtgesteuerten Relaisstufe. Ein zweipoliger Umschalter (bzw. zwei einfache Umschaltlaschen) gestatten es, die Stufe auf Lichteinfall oder Lichtunterbrechung als auslösendes Kriterium einzustellen. Im ersten Fall (I in Bild 2) ruft der Fotostrom der belichteten Zelle am 100-MΩ-Widerstand einen Spannungsabfall hervor, der sich zu der am 47-kΩ-Widerstand stehenden Spannung addiert und das Thyratron bei jeder positiven Halbwelle der Netzspannung zünden läßt. Im zweiten Fall

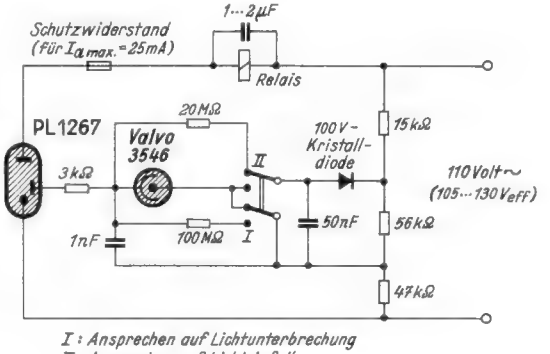


Bild 2. Lichtgesteuerte Relaisstufe. Stellung I = Relais spricht bei Lichteinfall an; Stellung II = Relais spricht bei Lichtunterbrechung an

I: Ansprechen auf Lichtunterbrechung
II: Ansprechen auf Lichteinfall

(Lichtunterbrechung) verhindert der durch den Fotostrom am 20-MΩ-Widerstand auftretende Spannungsabfall die Zündung des Thyratrons. Bei Lichtunterbrechung entfällt der Fotostrom und damit der Spannungsabfall, so daß die Hilfsanode die Zündung bei jeder positiven Halbwelle einleiten kann. Bei beiden Schaltungsmöglichkeiten wird das Thyratron mit der nächsten negativen Halbwelle wieder gelöscht und spricht bei Fortfall des auslösenden Reizes nicht wieder an. Anders bei Betrieb am Gleichstromnetz: hier muß das Thyratron von Hand oder über einen Relaiskontakt gelöscht werden. Dazu genügt es, den Anodenstrom kurzzeitig zu unterbrechen.

Zum Schluß geben wir noch die Daten des Philips-Thyratrons PL 1267 wieder:

	Kenndaten	*Grenzwerte*
Anodenspannung	105...130 Veff	max 225 $\hat{V}$ (Hilfsanode = 0 V)
Hilfsanodenspannung bei Hochfrequenz	70 V 55 V	min 70 V, max 90 V
Bogenspannung (Anode)	70 V	min 225 V für Hilfsanode auf 0 V
Bogenspannung (Hilfsanode)	60 V	
Anodenstrom		max 25 mA, kurzzeitig 100 m$\hat{A}$
Hilfsanodenstrom		max 100 µA, bei 140 V Anodenspannung

Herbert G. Mende

Automatisches Sortieren von Konserven

Für amerikanische Konservenfabriken, die stündlich z. B. 18 000 Konservendosen mit Obst abfüllen, wurde eine automatische Sortieranlage geschaffen, die neun verschiedene Konservenarten magnetisch kennzeichnet und nach der Verarbeitung aussortiert. An den Packtischen werden Konservendosen gleicher Größe mit bis zu neun verschiedenen Sorten von Früchten gefüllt. Die Dosen können jedoch vor dem Zubördeln noch nicht etikettiert werden, so daß nachher Verwechslungen möglich sind. Deshalb erhalten die Ränder der Dosenböden je nach dem Füllgut verschiedenartige magnetische Kennzeichnungen einmagnetisiert. Die gefüllten Dosen werden am Ende eines gemeinsamen Transportbandes verschlossen, gekocht und abgekühlt. Jetzt folgt der eigentliche Sortiervorgang, bei dem jede Dose einzeln zwischen zwei mit 3600 U/min rotierenden Abtastspulen abgetastet wird. In den Abtastspulen werden hierdurch Frequenzen zwischen 120 und 660 Hz (2...11×60 Hz, entsprechend der Zahl der in den Dosenböden einmagnetisierten Polpaare) erzeugt. Die Spannungen werden verstärkt und zur Ausschaltung von Amplitudeneinflüssen in Rechteckschwingungen umgewandelt. Die verstärkten Wechselspannungen gelangen je nach ihrer Frequenz auf einen von neun abgestimmten Verstärkern und diese steuern über Tyratrons entsprechende Sortierklappen. Hinter den Sortierklappen laufen die Dosen in getrennten Kanälen weiter, wo sie die ihrem Inhalt entsprechenden Etiketten erhalten und anschließend verpackt werden. Fehlerhafte oder unmarkierte Dosen rollen an allen Sortierklappen vorüber und landen auf der Ausschußbahn. (Electronics, September 1952, 100...105.) *hgm*

Elektronische Regelungen für Motoren zwischen 60 Watt und 80 Kilowatt

Thyratrongesteuerte Gleichstrom-Nebenschlußmotoren sind bekanntlich anderen Antrieben überlegen, weil sie eine bei Stillstand oder während des Betriebes in weiten Grenzen stufenlos einstellbare und dann von Belastungen unabhängige Drehzahl ermöglichen. Dabei erreicht ihr Wirkungsgrad Werte bis zu 90 %. Da sie ferner durch Programmsteuerungen für die völlige Automatisierung ganzer Fertigungen ergänzt werden können und leicht wechselnden Arbeitsbedingungen anzupassen sind, gehört den von geregelten Thyratron-Bausteinen gespeisten Gleichstrommotoren zweifellos die Zukunft.

Geeignete Thyratron-Bausteine zur Regelung von Motoren zwischen 60 Watt und 80 Kilowatt Ausgangsleistung werden u. a. von der Firma Elektronik-Gerätebau K. Ernst, Berlin-Borsigwalde, gebaut. Das Steuergeräteprogramm dieser Firma umfaßt 16 Größen, die Regelbereiche von 1 : 10 bzw. 1 : 25 bei Ankerregelung und bei einigen Typen zusätzlich 1 : 3 mit Feldregelung ermöglichen. Im Interesse großer Betriebssicherheit werden nur überdimensionierte Einzelteile bester Qualität verwendet. Die Gehäuse sind aus Stahlblech geschweißt und so aufgeteilt, daß der auch dem Laien zugängliche Röhrenraum scharf von dem in sich abgeschlossenen Einzelteil- und Verdrahtungsraum abgegrenzt ist. *hgm*

Hochtemperaturmessung mit Rauschspannungsthermometer

Am National Bureau of Standards in Washington sind gegenwärtig Forschungsarbeiten an einem Thermometer im Gange, das möglicherweise eines Tages als Standardgerät für die Messung hoher Temperaturen Anwendung finden wird. Der Mangel eines Präzisionsmeßinstrumentes für Temperaturen in der Größenordnung von 2000 Grad ist seit langem fühlbar; vielversprechend erscheint hierfür ein „Thermometer", das die durch Wärme in einem dünnen Platindraht erzeugten elektrischen Rauschspannungen aufnimmt, bisher konnte jedoch die erwünschte Meßgenauigkeit noch nicht erreicht werden.

Das Hochtemperatur-Thermometer, das 1948 an der Universität Chicago konstruiert wurde, vergleicht das in zwei Leitern hervorgerufene Rauschen, wobei einer der Leiter auf einer genau eingestellten Temperatur gehalten wird. Das Rauschen wird durch die Elektronenbewegung in den beiden Drähten hervorgerufen; die Spannung, die von den durch die Erwärmung angeregten Elektronen erzeugt wird, liegt in der Größenordnung von einigen Millionstel Volt und wird auf ein meßbares Ausmaß verstärkt. Der Unterschied der Rauschspannungen ist ein Maß für die Temperatur des betreffenden Objektes. *A. D.*

Elektronenhirn ersetzt Piloten

Die Bedienung eines modernen mehrmotorigen Flugzeuges ist heute so kompliziert, daß der Pilot nur mit verschiedenen Hilfseinrichtungen in der Lage ist, die Maschine sicher und gefahrlos zu leiten. In dem Bestreben, die menschlichen Unzulänglichkeiten bei der Bedienung solcher technischen Wunderwerke vollkommen auszuschalten, hat jetzt eine amerikanische Hochfrequenzfirma ein sogenanntes *master brain* entwickelt, das vollkommen selbständig sämtliche Tätigkeiten des Piloten vom Start bis zur Landung ausführt. Das Gerät, das nach dem Prinzip der Elektronen-Hirne arbeitet, benutzt dazu einen vorgestanzten Lochstreifen, wodurch ein genauer Ablauf der auszuführenden Tätigkeiten wie Einhaltung der Flugrichtung usw. gewährleistet wird. *A. D.*

Die Fabrik der Zukunft

Die Fabrik der Zukunft, in der elektronengesteuerte „Gehirne", automatische Relais und andere technische Vorrichtungen den Produktionsablauf steuern und überwachen und in der der Arbeiter nur noch die Drucktasten zu betätigen braucht, um die Maschinen in Gang zu setzen, ist keine Utopie mehr, sondern nüchtefne Wirklichkeit.

Befehle von Lochstreifen und Magnetband

In der ersten, von den Fordwerken in Cleveland, USA, errichteten „pushbutton"-Fabrik erhält man schon einen guten Vorgeschmack von dem, was unser technisches Zeitalter auf diesem Gebiet noch alles erwarten läßt: Bei weitgehender Einbeziehung der neuesten technischen Errungenschaften ist dieses Werk in der Lage, mit *250 Arbeitern die doppelte Menge dessen zu produzieren*, wofür bislang *2 500 Arbeitskräfte* benötigt wurden. Aber dies ist, wie gesagt, alles erst ein bescheidener Anfang. Technische Schwierigkeiten wenigstens sehen die Wissenschaftler für eine noch stärkere Einbeziehung der automatischen Produktionskontrollen nicht. Die Kontrollmaschinen der Zukunft arbeiten vollkommen selbständig. Sie führen die auf Lochstreifen, auf Magnetband oder Film niedergelegten „Betriebsanweisungen" genau in der Reihenfolge aus, wie sie der Arbeiter vorher festgelegt hat. Die Tätigkeit des Arbeiters beschränkt sich lediglich darauf, die Maschine in Gang zu setzen, sie zu warten oder zu reparieren.

„Feed-back" — das Kontrollgeheimnis

Das Prinzip der automatischen Produktionskontrolle und das der automatischen Selbstregulierung beruht auf dem sogenannten „feed-back"-Verfahren, d. h. technische und für den gesamten Produktionsablauf wichtige Einzelheiten werden von den fortgeschritteneren Produktionsstadien auf die vorhergehenden zurückgeleitet, so daß sämtliche an dem Produktionsablauf beteiligten Maschinen und Einrichtungen dadurch reguliert und aufeinander abgestimmt werden.

Eines der vielen Steuerungsorgane des „feed-back" ist der Thermostat, der z. B. die Raumtemperatur von einem Thermometer abliest und vollkommen selbständig die Brennstoffzufuhr zum Heizkessel reguliert. Er arbeitet dabei mit einem wärmeempfindlichen Relaissystem, dessen Aufgabe es ist, eine bestimmte Temperatur mit Hilfe der automatischen Brennstoffkontrolle zu gewährleisten. Es besteht also hier eine gegenseitige Abhängigkeit: die Arbeit des Thermostaten hängt von der Raumwärme ab, während die Raumwärme wiederum von der Arbeit des Thermostaten abhängt. Ein weiteres Beispiel für automatische Produktionskontrollen sind auch die Analog- oder Drucktasten-Elektronenhirne, die ganze Folgen von „Anweisungen" nacheinander ausführen können und den Produktionsablauf überwachen, ohne daß der Operateur einen Eingriff an der Maschine vornehmen müßte.

Die automatischen Kontrollmaschinen wirken sich aber nicht nur auf die Produktion selbst zeit- und kostensparend aus, sondern auch auf die Produktionsumstellung des Betriebes. Da die Maschinen schnell und ohne mechanische Veränderungen auf die neue Tätigkeit umgestellt werden können, ist der Produktionsausfall gering und die Kostenersparnis erheblich.

„Automation", wie dieses automatische Produktionsverfahren in den USA bezeichnet wird, ist dabei zur Zeit nicht nur für die Bearbeitung und Herstellung von großen Werkstücken, sondern auch für kleinere bereits anwendbar. *RSH*

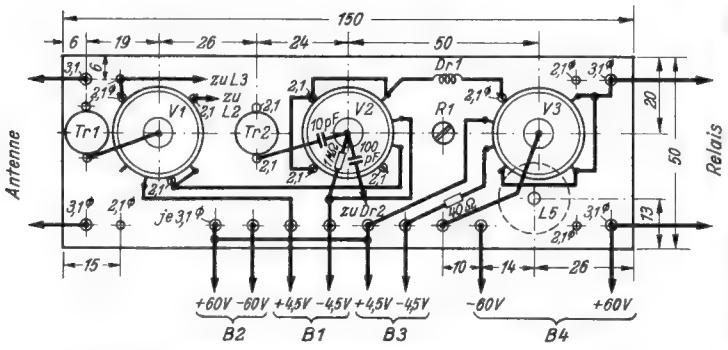
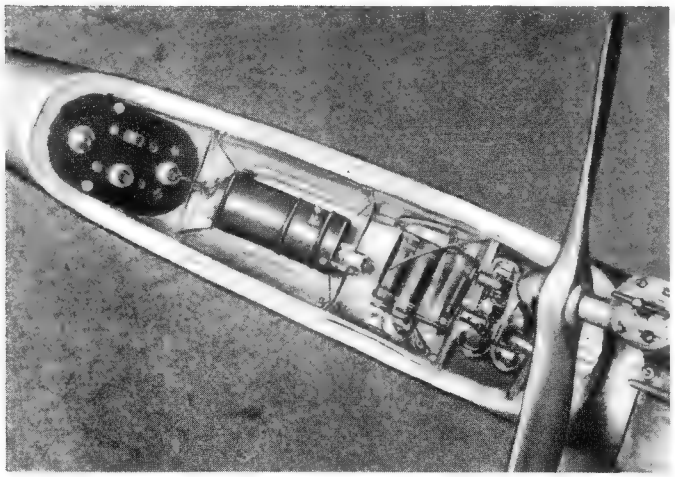


Bild 11. Einzelteileanordnung des Dreiröhrenempfängers



Rechts: Bild 12. Einbaubeispiel für den Einröhrenempfänger nach Bild 2

dem Höhenleitwerk einen leichten Einstellwinkel zu geben, um den Schwerpunkt weiter nach vorn zu verlegen. Die Abdeckhaube ist zweiteilig ausgeführt und leicht abnehmbar, so daß man an Empfänger und Batteriesatz mühelos herankommt. Das Schaltrelais ist zwischen dem eigentlichen Empfänger und den Batterien so angeordnet, daß die vom Motor des Flugmodells herrührenden Erschütterungen nicht in der Bewegungsrichtung des Ankers liegen. Schwammgummi - Einlagen schützen den Empfänger bei etwaigen Bruchlandungen vor Beschädigung.

Wie bereits erwähnt, muß das Arbeitsrelais in unmittelbarer Nähe der Ruder angebracht werden. Bei Flugmodellen mit Miniaturmotoren ist eine Motordrosselung sehr praktisch. Eine am Luftansaugstutzen angebrachte Klappe (Drossel) verengt denselben nach Betätigen eines Relais. Man kann hierfür einen zweiarmigen Schaltstern verwenden, wenn man durch einen Anschlag dafür sorgt, daß keine weitere Bewegung mehr stattfinden kann. Nach dem Bodenstart, bei dem das Modell mit voller Motorleistung fliegt, wartet man solange, bis das Modell eine Höhe von etwa 150...200 m erreicht hat. Nun gibt man den ersten Impuls über den Sender, so daß das Modell in eine Kurve gleitet. Gleichzeitig wird der Motor gedrosselt. Die Rudereinstellung darf nicht zu hart sein, damit das Modell nicht abschmiert. Nun können Kurvenflüge mit gedrosseltem Motor ausgeführt werden, um evtl. einen Thermikschlauch zu finden und in diesem hochzukreisen.

Die Empfangsantenne

Von der Qualität der Antenne hängen Empfindlichkeit und Reichweite des Empfängers ab. Am besten eignen sich abgestimmte Antennen, die $\lambda/4$ oder $\lambda/2$ lang sind. Meistens wird man aber mit wesentlich kürzeren Antennen auskommen müssen.

Die einfachste Antennenart ist wohl die Schleppantenne, deren Länge für eine Frequenz von 27,12 MHz z. B. 2,63 m beträgt. Es ist zweckmäßig, im Rumpf bzw. in den Flächen einige dünne Drähte zu spannen, die als Gegengewicht dienen und die mit dem Minuspol der Anodenbatterie verbunden werden müssen. Die Schleppantenne ist unbrauchbar bei Motormodellen, die vom Boden aus starten sollen. In diesem Fall wird besser eine von einer Stütze hinter dem Motor zum Seitenleitwerk führende Antenne benutzt. Das Gegengewicht läßt sich dann in den Tragflächen verspannen.

Es ist praktischer, V-förmige Antennen zu verwenden, die in elektrischer Hinsicht als T- oder als Dipol-Antennen arbeiten können. Ein typisches Beispiel einer V-Antenne zeigt **Bild 1**. Die Antenne ist vom Motorblock zu den beiden Seitenleitwerken gespannt und als T-Antenne angekoppelt, die praktisch ein einziges Stück Draht darstellt, der eine größere Fläche umspannt. Bei Flugmodellen ohne Motor kann eine V - Antenne von den Tragflächenspitzen (Randbögen) zum Seitenleitwerk geführt werden. Die Antenne wird unter Verwendung von kleinen Gummiringen, die als Isolatoren dienen, in Haken eingehängt, die an den Randbögen angebracht sind. Eine solche Antenne kann als T-Antenne oder als Dipol verwendet werden. Für die letzte Antennenart dient ein 60...70-Ω-Kabel als Antennenzuleitung. Der Empfängereingang soll dann symmetrisch ausgeführt sein. Ein Gegengewicht ist nicht erforderlich. Die zum Arbeitsrelais führenden Leitungen stören in diesem Falle nicht. Der Winkel des Dipols sollte so klein wie möglich sein, um unerwünschte Richtwirkung zu vermeiden. Der Dipol nimmt aus der Richtung der Winkelhalbierenden am besten auf. Diese Richtwirkung wird immer geringer, je mehr sich der Antennenwinkel 180^0 nähert. Die Vorteile von V-Antennen sind: hohe Wirksamkeit, günstige Montagemöglichkeit sowie Behinderungsfreiheit bei Start und Landung. Nachteilig ist der relativ hohe Luftwiderstand.

Es liegt der Gedanke nahe, die Antenne einfach zwischen den Tragflächenspitzen zu spannen, da hier der Winkel unbedingt 180^0 beträgt. Diese Anordnung wird häufig angewandt. Da jedoch die Antenne einen ziemlich hohen Luftwiderstand aufweist, ist es ratsamer, sie in die Tragfläche(n) einzubauen. Dieses Verfahren kommt natürlich nur für Modelle in Holzbauweise in Betracht. Bei Modellen, die aus Leichtmetall bestehen, muß die Antenne von allen Metallteilen einen möglichst großen Abstand haben. Die Metallteile selbst eignen sich vorzüglich als Gegengewicht.

Die Kontaktgabe ist, vor allem bei Steckflügelanordnungen, etwas schwierig. Die Antenne läßt sich einfach und übersichtlich anordnen, wenn man sie nach der Bespannung entlang dem Nasenholm zieht. Um den Luftwiderstand klein zu halten, ist es zweckmäßig, dünnen Antennendraht zu verwenden (z. B. 0,3 mm CuL). Aerodynamisch interessant ist die Verwendung der Antenne als Turbulenzdraht. Dieser wirkt ähnlich wie ein Vorflügel auf das Modell, d. h. die Strömung reißt bei langsamerem Flug bzw. großem Anstellwinkel nicht so leicht ab, ein Vorteil, der vor allem bei größeren Modellen von Bedeutung ist. Man spannt die Antenne in diesem Falle unter Zuhilfenahme von Stützen aus Trolitul oder Plexiglas in etwa 10 bis 20 mm Abstand von der Tragflächenvorderkante.

Alle an den Tragflächen angebrachten Antennen lassen sich als Dipol oder als T - Antennen ankoppeln. Bei T - Antennen muß man beachten, daß die Anzapfung genau symmetrisch ist und guten Kontakt hat. Ebenso kritisch ist die genaue Symmetrie bei Dipol - Antennen. Befindet sich der Empfänger in keinem größeren Abstand als 300 mm von den Antennenenden, so kann man auf eine abgestimmte Speiseleitung verzichten. Eine Leitung mit einem Wellenwiderstand von 60 Ω ist durch Verdrillen zweier Gummi- oder Igelit-isolierter Drähte leicht selbst herzustellen. Die Antennenverbindung soll in jedem Falle steckbar, also nicht gelötet sein. Bei harten Landungen soll die Steckverbindung sofort unterbrochen werden, damit das Modell nicht beschädigt werden kann. Sehr gut eignen sich kleine Stecker, wie sie in Spielzeug- oder Modelleisenbahn-Anlagen verwendet werden. Als Notbehelf dienen Druckknopfverbindungen, wie sie auch bei den Batterieanschlüssen von Reise - Empfängern üblich sind.

Das Gegengewicht

Jede Antenne, mit Ausnahme der Dipolanordnungen, benötigt ein Gegengewicht, das die „Erde" zu ersetzen hat. Die Größe des Abstandes von Antenne und Gegengewicht bestimmt die effektive Antennenhöhe. Durch die Abmessungen des Modells sind jedoch enge Grenzen gesetzt. Man muß darauf achten, daß das Gegengewicht quer zur Antenne steht, bei Flächenantennen also im Rumpf und bei Rumpf- und Schleppantennen in den Flächen untergebracht wird.

Meist wird man auf das Gegengewicht verzichten können, wenn man die eine zum Arbeitsrelais führende Leitung mit dem Schaltungsnullpunkt verbindet. Andernfalls spannt man zusätzlich im Innern des Modells einige dünne Drähte, von denen jeder einzelne mit dem Schaltungsnullpunkt zu verbinden ist. Als Schaltungsnullpunkt gilt der Anschluß für „Minus-Heizung".

Dipolanordnungen

Noch einige Worte über Dipolanordnungen. Diese sind in der Länge kritischer als

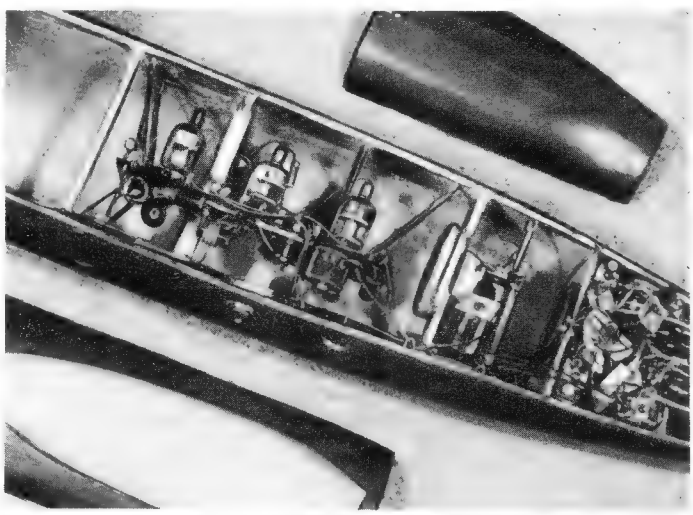


Bild 13. Gesamtansicht der Dreiröhrenempfangsanlage mit Empfängerrelais und Batterieteil im Bug eines Modellflugzeuges mit Motorantrieb

Eindrahtantennen. Da die geforderte Länge ($\lambda/2$; z. B. 5,26 m für 27,12 MHz) kaum einzuhalten ist, wird man versuchen, den Dipol so lang wie möglich zu machen. Man kann den Draht zwar um den Randbogen führen, also knicken, darf aber den Draht an der Endleiste keineswegs wieder gegen die Mitte führen.

Elektrische Anordnungen, wie z. B. Endkapazitäten oder Verlängerungsspulen bedürfen eines komplizierten Abgleichs und sind daher weniger empfehlenswert.

Ratschläge für das Einfliegen

Es ist selbstverständlich, daß das Modell zunächst ohne Fernsteuerung eingeflogen werden muß. Dabei werden die empfindlichsten Teile der Anlage durch Ballastgewichte ersetzt. Erst wenn das Modell einwandfrei fliegt, darf die Fernsteuerung eingesetzt und benutzt werden.

Vor dem Start ist der Empfänger, vor allem wenn einfache Geräte benutzt werden, nochmals abzugleichen. Der Abgleich erfolgt stets nach dem Milliamperemeter entweder auf Strommaximum (bei Einröhrenempfängern) oder auf Strominimum (bei Mehrröhrenempfängern). Der Abgleich muß in mindestens 30 m Abstand vom Sender vorgenommen werden. Die Abgleichwerkzeuge müssen gute Isolation haben und dürfen keinerlei Metallteile enthalten.

Spulentabelle für die Schaltung Bild 9

	Windungen	Durchm. mm	Länge mm	Draht ⌀	L	Abgriff	Kern
L 1	4	10 [1])	8	0,8 CuY	—	—	—
L 2	17	8 [1])	16	0,8 CuL	1,2 µH	—	—
L 3	4	10 [1])	8	0,8 CuY	—	—	—
L 4	17	8 [1])	16	0,8 CuL	1,2 µH	—	—
L 5	800	—	—	0,2 CuL	25 mH	270	Vogt T 23/18 FC
Dr 1	48	5 [1])	18	0,3 CuL	—	—	—
Dr 2	80	5 [1])	30	0,2 CuLS	—	—	—

[1]) Wickeldorndurchmesser

Danach wird der Regler so eingestellt, daß das Relais am günstigsten arbeitet. Der erforderliche Stromwert ist experimentell leicht zu ermitteln. Nachdem die gesamte Anlage nochmals überprüft wurde, kann das Modell gestartet werden. Die erste Kurve darf erst dann geflogen werden, wenn das Modell eine bestimmte Höhe erreicht hat, die von seiner Größe und Geschwindigkeit abhängt. Kurven in Bodennähe führen leicht zu Brüchen. Wer die Steuerung gut beherrscht, kann sein Modell leicht im Aufwind halten und braucht bei günstigen Windverhältnissen den Flug erst dann abzubrechen, wenn die Batterien erschöpft sind. Ferner empfiehlt es sich, die Batteriespannungen vor jedem Start zu messen, damit für eine einwandfreie Funktion der Empfangsanlage garantiert werden kann.

Werner W. Diefenbach — W. Knobloch

Die Fernsehübertragung der Krönungsfeierlichkeiten aus England

Die Sendegesellschaften Englands, Frankreichs, Belgiens, der Niederlande und der Bundesrepublik teilten Ende April in einem gemeinsamen Communiqué den Abschluß der technischen und organisatorischen Vorbereitungen für die Übertragung der Fernsehbilder der englischen Krönungsfeierlichkeiten am 2. Juni mit. Die Vorbesprechungen begannen bereits im Dezember 1952 in London; von deutscher Seite war der NWDR durch seinen Technischen Direktor, Prof. Dr. Werner Nestel, vertreten. In der zweiten Aprilhälfte meldeten die Postverwaltungen der beteiligten Länder den Abschluß der Aufbauarbeiten, und am Nachmittag des 25. April kamen in Hamburg die ersten brauchbaren Bilder aus London an, nachdem die ersten Versuche nicht befriedigend verlaufen waren.

Weg des Bildes

Die BBC konnte sich nicht entschließen, die Krönungszeremonien in den Straßen Londons und in Westminster Abbey auch mit 625 und 819 Zeilen aufnehmen zu lassen. Somit bleibt es bei 405 Zeilen, entsprechend der englischen Norm. Dieses Bild speist einmal die gesamte englische Senderkette mit fünf Großsendern und zwei zeitweilig aufgestellten Hilfssendern (Pontop Pike und Belfast) und läuft außerdem über die vom Juli 1952 her bekannte Relaisstrecke von London über Dover nach Calais und weiter nach Cassel in Nordfrankreich. Hier steht Zeilentransformator I, der das 405-Zeilen-Bild entsprechend der französischen Hauptnorm auf 819 Zeilen umformt. Die beiden Fernsehsender Lille und Paris II werden damit gespeist. Von Lille aus verläuft die Richtfunkstrecke über Flobecq in Belgien nach Brüssel und weiter nach Breda in Südwestholland. Dazwischen ist Zeilentransformator II aufgestellt, der das Bild von 819 Zeilen auf 625 für die niederländischen und deutschen Fernsehsender umformt. Breda erlaubt den direkten Anschluß der Sender Lopik und Eindhoven; vom letztgenannten Sender aus erfolgt die Speisung des deutschen Zweiges. Die Bundespost errichtete bei Süchtelen an der deutsch-niederländischen Grenze eine Relaisstation, von der aus Wuppertal erreicht werden kann; außerdem sorgt ein Ballempfänger, der auf Lopik abgestimmt ist, für höhere Sicherheit.

Die Übertragung im norddeutschen Raum ist bekannt (Strecke Wuppertal—Hamburg), während man sich zur Weiterleitung des Bildes nach dem Süden der zur Zeit im Probebetrieb laufenden Strecke Köln—Schöneberg—Fleckertshöhe—Feldberg/Ts bedient, so daß der inzwischen fertiggestellte Frankfurter Fernsehsender angeschlossen ist. Eine behelfsmäßige Relaisstrecke bringt außerdem den neuen Weinbiet-Sender des SWF heran. Berlin muß wahrscheinlich ausgeschlossen bleiben, denn die Strecke Höbeck—Berlin - Nikolassee soll dem Vernehmen nach erst im August betriebsbereit sein.

Der Ton

Jedes beteiligte Land bekommt von London zwei Tonkanäle überspielt. Kanal I bringt den englischen Kommentar zum Fernsehbild, Kanal II dagegen nur die Hintergrundgeräusche, in die der Reporter seinen eigenen Kommentar in der jeweiligen Landessprache hineinspricht, wobei er das Bild vor Augen hat. Für die deutschen Fernsehsender wird dieser Vorgang in Köln stattfinden. Die Reporter aus Frankreich, Belgien, Holland und der Bundesrepublik begeben sich einige Tage vor dem 2. Juni nach London und sammeln an Ort und Stelle alle Informationen.

Neben dem englischen Fernsehsendernetz dürften folgende kontinentalen Fernsehsender angeschlossen sein:

Frankreich:

Paris-Eiffelturm II (819 Zeilen), Kanal 174— 188 MHz, Bildträger 1 kW,
Lille (819 Zeilen) Kanal 174—188 MHz, Bildträger 1 kW.
Übernahme der Sendung auf Paris-Eiffelturm I mit 441 Zeilen (Kanal 42 bis 46 MHz) ist fraglich.

Belgien:

Brüssel (819 Zeilen) Versuchssender.

Holland:

Eindhoven (625 Zeilen) Kanal 2, Bildträger 2,5 kW,
Lopik (625 Zeilen) Kanal 4, Bildträger 5,0 kW.

Bundesrepublik:

Hamburg (625 Zeilen) Kanal 6, Bildträger 10 kW,
Hannover (625 Zeilen) Kanal 8, Bildträger 1 kW,
Langenberg (625 Zeilen) Kanal 6, Bildträger 10 kW,
Köln (625 Zeilen) Kanal 8, 1 kW,
Feldberg (625 Zeilen) Kanal 8, 10 kW,
Weinbiet (625 Zeilen) Kanal 10, 5 kW.

Dänemark konnte sich im Hinblick auf die entstehenden Kosten (Aufbau von drei zusätzlichen Relaisstrecken zwischen Hamburg und Kopenhagen) und in Anbetracht der geringen Teilnehmerzahl nicht entschließen, die Sendung direkt zu übernehmen. Die Schweiz hat die Aufbauarbeiten am Fernsehsender Uetliberg bei Zürich noch nicht abgeschlossen; durch Einsturz des Mastes bei der Montage trat eine Verzögerung ein, außerdem besteht noch keine Richtfunkstrecke nach der Bundesrepublik, so daß die an sich geplante Übernahme ebenfalls entfällt.

Ergänzungen zu den Röhren-Dokumenten

Röhren-Dokumente FL 83

In den „Röhren - Dokumenten" für die PL 83 muß im Kennlinienfeld 2 die Bezifferung der Abszissenachse lauten: 100, 200, 300, 400 V, und nicht: 50, 100, 150, 200 V.

Einordnen der Röhren-Dokumente

Beim Einordnen der „Röhren - Dokumente" in die dafür vorgesehene Sammelmappe fallen die Blätter mit den Lorenz-Röhren 6 AL 5, 6 AV 6 usw. aus dem Rahmen der europäischen Röhrenbezeichnungen heraus. Sie liegen dadurch getrennt von den gleichwertigen Typen. Wir empfehlen unseren Lesern, die Wert darauf legen, gleiche Typen hintereinander abzuheften, diese Blätter nicht nach den Hauptbezeichnungen, sondern nach den in Klammern dahinter gesetzten europäischen Bezeichnungen einzuordnen, also:

6 AL 5 unter EAA 91
6 AV 6 unter EBC 91 usw.

Neuauflage von RPB-Bändchen

In letzter Zeit sind folgende Bände der Radio-Praktiker-Bücherei in Neuauflagen erschienen, ein Zeichen für die Beliebtheit und den Anklang, den diese Buchreihe gefunden hat:

RPB 4 von Herbert G. Mende „UKW-Empfang mit Zusatzgeräten", mit vielen praktischen Schaltungsvorschlägen und wertvollen Aufbauhinweisen; 4. Auflage.

RPB 8 von Fritz Kühne „Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe", ein Buch, das jeder Ton- und Schallplattenfreund besitzen sollte; 3. Auflage.

RPB 13 von Fritz Kühne „Schliche und Kniffe für Radiopraktiker". Eine Fülle von praktischen Arbeitserleichterungen und Hilfsmitteln für Labor und Werkstatt; 4. Auflage.

RPB 36 von Rudolf Schiffel und Fritz Woeltz „Die Prüfung des Zwischenfrequenzverstärkers und Diskriminators beim UKW-Empfänger". Besonders wichtig wegen der Aufbauvorschläge für einen 10,7-MHz-Prüfsender mit Wobbeleinrichtung; 2. Auflage. Preis eines jeden Bandes, 64 Seiten stark mit vielen Bildern, 1.40 DM (Franzis-Verlag, München 22).

Bandtonverstärker mit drei Magnettonköpfen

Man geht heute wieder vielfach dazu über, auch für Tonbandgeräte mit 19 cm Bandgeschwindigkeit getrennte Köpfe für Aufnahme und Wiedergabe zu verwenden. Die damit verbundenen Vorteile wiegen den Mehrpreis eines zusätzlichen Kopfes reichlich auf. Bekanntlich sind die bei Aufnahme und Wiedergabe für Magnetköpfe geltenden Betriebsbedingungen gänzlich verschieden. Optimale Aufnahmen lassen sich daher mit Sicherheit erzielen, wenn man Aufnahme- und Wiedergabekopf gesondert ausführt. Kombinierte Köpfe stellen dagegen immer einen Kompromiß dar, und man muß schon über sehr reichliche Bau-Erfahrungen verfügen, wenn sich bei kritischer Beurteilung der musikalischen Qualität keine Mängel zeigen sollen. Einen weiteren wesentlichen Vorteil bieten getrennte Köpfe durch den einfacheren Aufbau des Verstärkers. Der sonst notwendige Umschalter am Eingang der ersten Röhre, der leicht zu unerwünschten Kopplungen Anlaß gibt, kann entfallen.

Der hier beschriebene Verstärker ist deshalb mit drei Einzelköpfen Typ AEG KL 15 [1]) ausgestattet, mit denen man unter Verwendung von BASF-LGH-Band ein Frequenzband von 50...10 000 Hz praktisch geradlinig (Abweichung ± 3 db) übertragen kann. Wie **Bild 1** zeigt, ist besonderer Wert auf klaren und einfachen Aufbau gelegt worden. Aus diesem Grund wurde auf Doppelausnützung von Röhren bewußt verzichtet, denn die dafür notwendigen Umschalteinrichtungen komplizieren den Aufbau und geben auch manchmal zu Störungen Anlaß.

Die Schaltung des Gerätes läßt sich in vier voneinander unabhängige Teile gliedern, die man gegebenenfalls getrennt voneinander aufbauen und verwenden kann. Es sind dies der Wiedergabeverstärker, der Hf-Generator, die Aussteuerungsanzeige und der Netzteil.

Der Wiedergabeverstärker

ist mit zwei Spezial-Röhren EF 804 bestückt, die sich wegen ihrer geringen Brummspannung und ihres klingfesten Aufbaues besonders bewährt haben. Die Röhren, die einen 9-Stift-Sockel besitzen, sind in ihren elektrischen Daten der EF 40 ähnlich. Die bei der Bandtonwiedergabe erforderliche Entzerrung soll eine Anhebung der tiefen Frequenzen proportional der Frequenz bis zu etwa 2000 Hz und der hohen Frequenzen ab etwa 3000 Hz bewirken. Während die erste Maßnahme zur Linearisierung der durch das Induktionsgesetz gegebenen physikalischen Beziehungen erforderlich ist, dient die zweite Maßnahme zum Ausgleich der sogenannten Bandflußdämpfung, die durch die gegenseitige Beeinflussung benachbarter magnetisierter Teile verursacht wird. Praktisch führt man die Gegenkopplung in der Weise durch, daß man die Verstärkung mit zunehmender Frequenz durch eine frequenzabhängige Gegenkopplung herabsetzt, jedoch von einer gewissen Grenzfrequenz an dafür sorgt, daß diese Gegenkopplung wieder unwirksam wird, womit man einen Anstieg nach den Höhen hin erreichen kann. Der Kondensator C 5 bildet zusammen mit R 4, R 5 und R 6 das Glied für die Tiefenanhebung, während die Kondensatoren C 3 und C 4 die Wirkung der Gegenkopplung bei den hohen Frequenzen wieder aufheben. Diese Frequenzbeeinflussung in den hohen Frequenzen reicht aber zur völligen Korrektur nicht aus.

Die noch verbleibende notwendige Höhenanhebung wird in dem Kopplungsglied zur zweiten Röhre vorgenommen, das als frequenzabhängiger Spannungsteiler ausgebildet ist. Der Längswiderstand dieses Spannungsteilers besteht aus dem Widerstand R 7, dem der Kondensator C 7 parallelgeschaltet ist. Der Spannungsteiler liefert durch diese Anordnung bei hohen Frequenzen eine höhere Wechselspannung als bei tiefen Frequenzen an das Gitter der nächstfolgenden Röhre. Der Frequenzgang dieser Verstärkerstufe ist geradlinig, damit man sie bei Aufnahme zur Mikrofonvorverstärkung verwenden kann. Der dazu nötige Stufenschalter gestattet es, wahlweise an das Gitter der zweiten Röhre ein Mikrofon (Kristalltype) bei Stellung „Aufnahme" oder die vorgeschaltete Verstärkerstufe bei Stellung „Bandwiedergabe" zu legen. Von der zweiten Stufe wird die verstärkte Spannung an den Verstärkerausgang geführt, an dem eine Tonfrequenzspannung von etwa 0,5 Volt zur Verfügung steht. Die zweite Verstärkerstufe kann man auch für eine zusätzliche Tonabnehmerverstärkung mitverwenden, wenn man den Umschalter mit vier Stellungen ausführt und die vierte Stellung mit dem Tonabnehmer verbindet. Diese zusätzliche Verstärkung gestattet dann den Einbau einer Tonabnehmerentzerrung, wie man sie heute für besonders hochwertige magnetische Tonabnehmer verwendet. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß man das Wiedergabekabel dauernd an der Fonobuchse des Rundfunkgerätes belassen kann.

Der Hf-Generator

des Gerätes ist mit der Leistungsröhre EL 41 bestückt. Die Schaltung ist in Meißner-Rückkopplung mit abgestimmtem Anodenkreis ausgeführt. Der Löschkopf kann dank seines geringen Widerstandes direkt in den Schwingkreis eingeschaltet werden. Dazu wird die Schwingkreiskapazität auf zwei Kondensatoren von je 10 nF (C 11 und C 12) verteilt. Der Sprechkopf erhält den nötigen Vormagnetisierungsstrom über einen Kondensator von 100 bis 200 pF (C 13) direkt von der Anode der Röhre. Um eine möglichst oberwellenarme Schwingstromkurve zu erzielen, wird ein Teil der Hochfrequenzspannung über den Katodenwiderstand gegengekoppelt. Dieser ist, wie die Schaltung zeigt, nicht überbrückt. Neben der Gegenkopplung dient der Katodenwiderstand auch noch zur Einstellung der richtigen Hochfrequenzspannung. Die Aufnahmespannung, die von dem hochohmigen Ausgang des Rundfunkgerätes abgenommen wird, gelangt über einen Widerstand von 50 kΩ zum Sprechkopf. Dieser Widerstand ist durch ein Siebglied überbrückt, das zwei Aufgaben erfüllt. C 15 und R 17 bewirken eine Voranhebung der Höhen am Sprechkopf; der aus L 1 und C 14 bestehende Sperrkreis verhindert ein Abfließen der Hochfrequenz über diesen Nebenschluß.

Die Einstellung der richtigen Hochfrequenzspannungen am Löschkopf und Sprechkopf bereitet bei dieser Generatorschaltung keine Schwierigkeiten. Die Löschung prüft man an einem bereits besprochenen Band. Sind noch Reste der Aufnahme zu hören, dann verkleinert man lediglich den Katodenwiderstand der Schwingröhre EL 41. Die richtige Vormagnetisierung am Aufsprechkopf wird durch Auswechseln des Kondensators C 13 eingestellt.

Der Klirrfaktor steigt mit geringer werdender Hochfrequenz schnell an. Verzerrungen bedeuten also immer zu geringe Hochfrequenzvormagnetisierung. Zu hohe Vormagnetisierung dagegen setzt die Lautstärke der hohen Frequenzen merklich herab. Das Wiedergabeoptimum läßt sich also am besten durch gehörmäßige Überprüfung einstellen. Dies bereitet bei der Ausführung mit getrenntem Hör- und Sprechkopf keinerlei Schwierigkeiten, da man während der Aufnahme über den Hörkopf gleichzeitig abhören und durch Verändern des Kondensators C 13 die richtige Einstellung vornehmen kann. Bei ausgeführten Geräten ergaben sich dabei Kapazitäten von 200 bis 300 pF.

Der Netzteil

des Verstärkers ist besonders sorgfältig dimensioniert. Um starke Streufelder zu vermeiden, wird der Transformator ma-

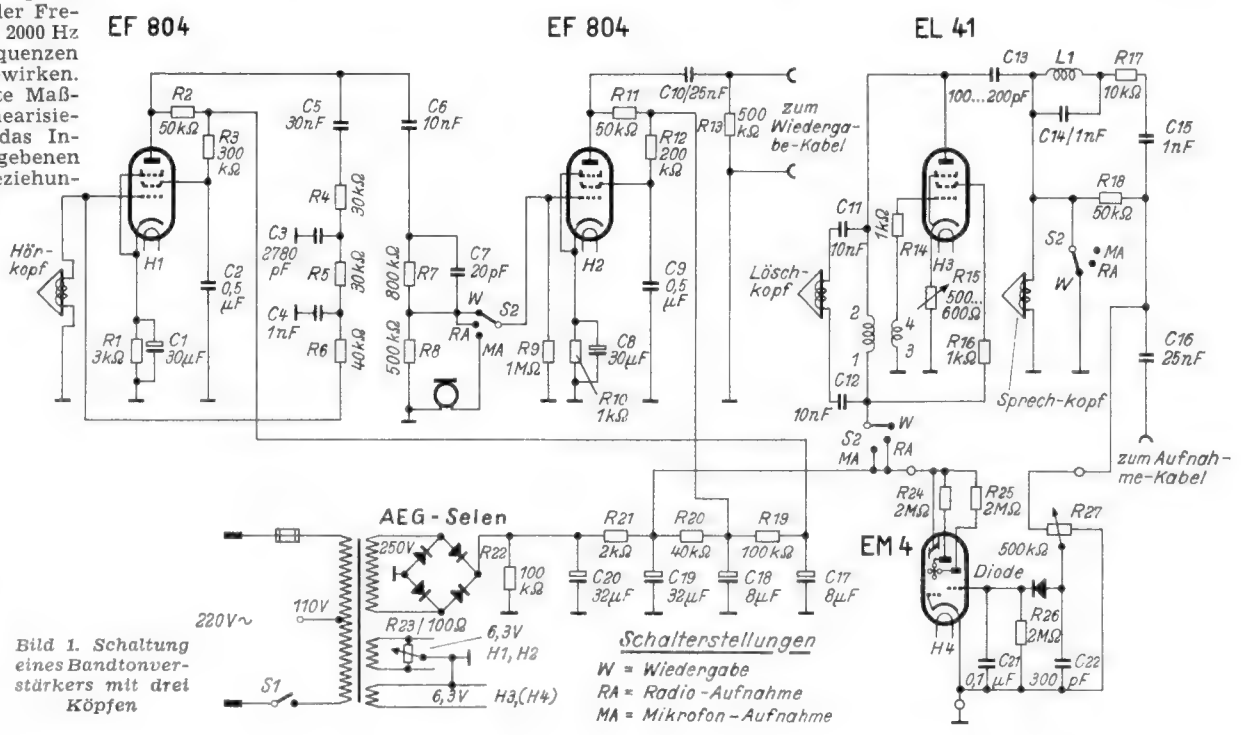


Bild 1. Schaltung eines Bandtonverstärkers mit drei Köpfen

[1]) vgl. FUNKSCHAU 1952, H. 9, Seite 157.

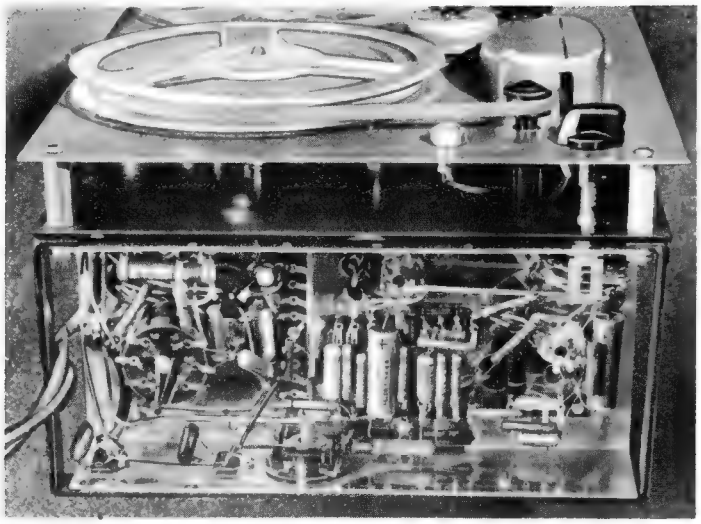


Bild 2. Blick in die Verdrahtung des Mustergerätes

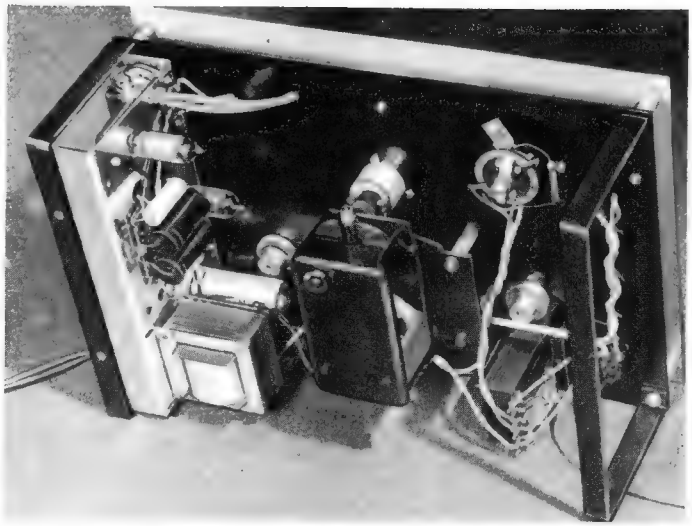


Bild 3. Unteransicht eines Magnettongerätes mit dem links seitlich eingebauten Bandtonverstärker

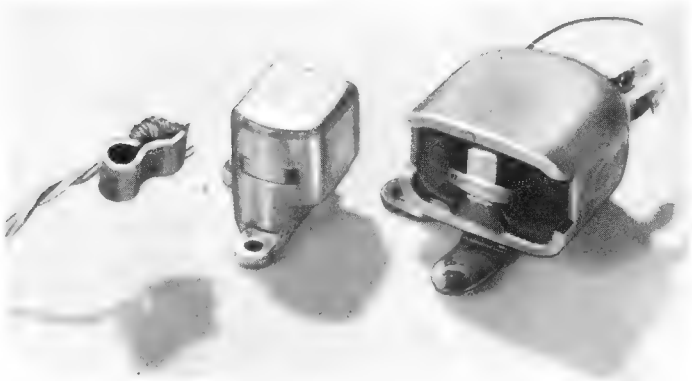


Bild 4. AEG-Magnetköpfe KL 15. Von links nach rechts: Lösch-, Sprech- und Hörkopf

gnetisch nur mäßig belastet. Außerdem befindet sich zwischen Primär- und Sekundärwicklung ein statischer Schirm, der mit Masse verbunden ist. Die Anodenspannung wird von einem in Graetz-Schaltung ausgeführten Selengleichrichter gleichgerichtet und durch eine RC-Siebkette mehrfach gesiebt. Die Heizung der Röhren 1 und 2 nimmt man von einer eigenen Wicklung ab, die über einen Entbrummer symmetriert ist. Die weniger kritischen Heizungen für die übrigen Röhren werden von der zweiten Heizwicklung gespeist, die einpolig an Masse liegt.

Die Aussteuerungsanzeige

erfolgt mit einem Magischen Auge EM 4 oder EM 71, das von der Aufsprechspannung gesteuert wird. Diese wird von einem Sirutor gleichgerichtet und dann dem Gitter der Anzeigeröhre zugeführt. Um eine Übersteuerung des Bandes mit Sicherheit zu verhindern, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, kurzfristige Spitzen am Leuchtsektor nachwirken zu lassen. Aus diesem Grunde legt man parallel zum Gitter einen Kondensator von 0,1 µF sowie einen Widerstand von 2 MΩ. Diese Kombination gewährleistet ein langsames Abklingen der dort wirksamen Gleichspannung. Sie bewirkt sozusagen eine Speicherung der Spitzen. Zur Einstellung des richtigen Ausschlages des Magischen Auges dient das Potentiometer R 27. **Bild 2** zeigt den übersichtlichen Aufbau eines der praktisch ausgeführten Geräte. Dr.-Ing. Walter Görner

Wiederherstellung von Trockenbatterien durch Ladung

Die Möglichkeit, eine verbrauchte Trockenbatterie aufzufrischen, interessiert breite Kreise. Die Tatsache, daß man sie ähnlich wie einen entladenen Akkumulator wieder aufladen kann, ist den alten Batteriefachleuten schon seit vielen Jahrzehnten bekannt. Besonders bei den in der Funktechnik in der Hauptsache in Frage kommenden Kohle - Braunstein - Zinkbatterien ist eine solche Auffrischung leicht zu erreichen, solange die Elemente noch genügend feuchte Elektrolytlösung enthalten. Das Verfahren hat es sogar möglich gemacht, in der Zeit des ersten Weltkrieges die empfindliche Java-Braunsteinlücke teilweise zu schließen. Damals wurden die großen Braunstein - Postelemente in verbrauchtem Zustand zurückgekauft und dieser Braunstein wurde durch den nasszierenden Sauerstoff in Ladebädern künstlich regeneriert. Das geschah natürlich in flüssigem Elektrolyt.

Damit kommen wir bereits auf den Kernpunkt der Wiederaufladungsmöglichkeit bei sogenannten Trockenbatterien. Auch eine Trockenbatterie benötigt Elektrolytflüssigkeit. Um das Auslaufen dieser Flüssigkeit zu verhindern, wird sie durch Quellstoffe zu einer Paste verdickt, die sich in verhältnismäßig geringer Menge zwischen dem Kohlebraunsteinbeutel und dem Zinkbehälter befindet (Stärke der Schicht: 0,7...1,5 mm).

Was immer auch an diesem, nach seinem Erfinder Leclanché benannten Element in den letzten 80 Jahren noch herumexperimentiert wurde, eine wesentliche Veränderung seiner elektrischen Eigenschaften wurde kaum erreicht. Nur seine Kapazität ließ sich durch Verwendung chemisch reinerer Materialien, z. B. des Kunstbraunsteins, und durch Amalgamierung (Überziehen des Zinks mit einer Quecksilberschicht) um einige Prozente verbessern. Dem gelatinierten Elektrolyt wurden hygroskopische Salze, z. B. Eisenchlorid, beigemengt, um die Luftfeuchtigkeit zur Erhaltung des Wassergehaltes heranzuziehen.

Bei den oben beschriebenen Wiederherstellungsverfahren des entaktivierten Braunsteins kamen im Flüssigkeitsbad beträchtliche Stromstärken zur Anwendung. Die sich entwickelnden Gase konnten leicht entweichen. Bei der sogenannten Trockenbatterie ist das aber nicht mehr möglich, deshalb können nur ganz minimale Stromstärken zur Ladung verwendet werden, andernfalls würde der Elektrolytbrei durch die Gasentwicklung herausgedrückt werden, die Batterie würde austrocknen und wäre damit unbrauchbar. Ganz unsinnig ist es aber, wenn z. B. in einer ausländischen Fachzeitschrift empfohlen wird, die Ladung der Trockenbatterien solange fortzusetzen, bis die Batterie warm wird. Dann ist es längst zu spät! — Eine Erwärmung beim Laden darf überhaupt nicht eintreten. Praktisch kommen Ladestromstärken von mehr als 2,5 mA für Radiobatterien nicht in Frage. Besser ist es, man begnügt sich mit 1 mA und ladet mit kleinen Pausen 48 Stunden und länger. Wenn die Zinkseite der Batterie noch gut ist, läßt sich auf diese Weise die Lebensdauer der Batterie bis zu 60 % verlängern. Größere Stromstärken, kurze Zeit angewendet, zerstören jede Batterie mit Sicherheit!

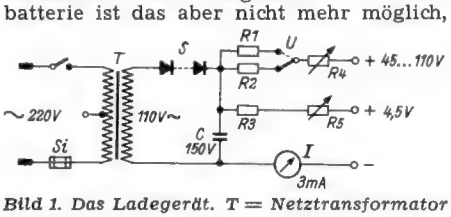


Bild 1. Das Ladegerät. T = Netztransformator 220:110 V (kleinste Ausführung), S = Selengleichrichterstab für 10..15 mA, C = Elektrolytkondensator 20... 30 µF / max. 250 Volt, R 1 = 20 kΩ, R 2 = 50 kΩ, R 3 = 70 kΩ, R 4 = Regelbar 50 kΩ / 1 Watt, R 5 = regelbar 50 kΩ / 2 Watt, I = Milliamperemeter, U = Umschalter von 110 auf 45 Volt, Batterieladung. Die Berechnung der Widerstände erfolgte unter der Annahme einer Gleichspannung von 150 Volt an C. Bei anderen Spannungen sind die Widerstände R 1, R 2, R 3 entsprechend zu verändern

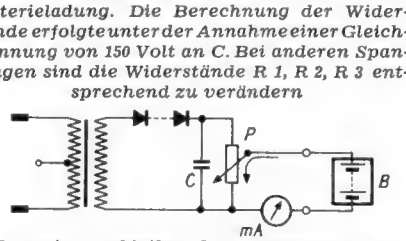


Bild 2. Beim Ausbleiben der Netzspannung entladet sich die Batterie B über das Potentiometer P; diese Schaltung ist nicht zu empfehlen

Die Ladevorrichtung für Radio- oder Taschenbatterien ist außerordentlich einfach aufzubauen **(Bild 1)**. Alle komplizierten und teueren Einrichtungen kann man sich ersparen. Am besten geeignet ist ein Selengleichrichter für 10 ... 15 mA. Ein Transformator ist zu empfehlen, um gegen das Netz und gegen Erdschlüsse gesichert zu sein. Hier kann die kleinste erhältliche Type verwendet werden, nötigenfalls sogar ein alter Niederfrequenztransformator. Zur Einregulierung der richtigen Ladestromstärke genügen normale 1 - Watt-Potentiometer mit arithmetischer Kennlinie. Würde man spannungsteilende Regulereinrichtungen einbauen, so könnte beim Ausbleiben der Netzspannung die Batterie sich nach **Bild 2** über den Spannungsteiler entladen, was nicht im Sinne des Besitzers ist. Ing. H. F. Steinhauser

Literatur: Radio - Praktiker - Bücherei, Band 49, H. F. Steinhauser, UKW - Hand-Sprechfunk-Baubuch.

Einführung in die Fernseh-Praxis

41. Folge: Der Fotozellenverstärker

Wir berichten heute über die Breitbandprobleme beim Dia-Abtaster sowie über die Kompensationsmaßnahmen, um den Einfluß des Nachleuchtens der Abtaströhre auszuschalten. Nach der Besprechung des Fotozellenverstärkers wenden wir uns den allgemeinen Fragen der Modulation und der Aussendung von Fernsehsignalen zu.

Betriebsbedingungen für Fotozellen

Beim praktischen Umgang mit Fotozellen hat man vor allem darauf zu achten, daß die von den Firmen angegebene zulässige Betriebs-Gleichspannung nicht überschritten wird. Hochvakuumzellen sind zwar in dieser Hinsicht nicht so empfindlich wie gasgefüllte Zellen, die nach Überschreitung der sogenannten Zündspannung recht bald zerstört werden. Trotzdem sollte man die vorgeschriebenen Werte auch bei Hochvakuumzellen einhalten. Die modernen Fotozellenschichten sind weiterhin gegenüber starkem Tageslicht und direkter Sonnenbestrahlung recht empfindlich, wenn die Zelle unter Spannung steht und wenn nur ein kleiner Außenwiderstand verwendet wird. Die dabei auftretenden starken Fotoströme können vor allem bei SE-Verstärkern zur Schädigung der Zelle führen. Selbstverständlich muß nicht nur die Betriebsspannung der Zellen mit anschließendem SE-Verstärker, sondern auch die Betriebsspannung gewöhnlicher Fotozellen im Hinblick auf die nachfolgende große Verstärkung sorgfältig stabilisiert werden. Das gilt insbesondere für die langsamen Netzspannungsschwankungen, die sich mit einfachen Siebketten nicht mehr eliminieren lassen.

2. Der Fotozellen-Verstärker

Die elektrische Durchbildung des Fotozellen-Verstärkers ist nicht ganz einfach. Bevor wir davon sprechen, wollen wir darauf hinweisen, daß beim Katodenstrahl-Abtaster für Fernsehzwecke grundsätzlich zwei verschiedene Verfahren denkbar sind. Es handelt sich um die Trägerfrequenz-Abtastung und die Direkt-Abtastung. Die Wirkungsweise beider Verfahren wollen wir nur kurz andeuten, da es über dieses Gebiet eine ziemlich reichhaltige Literatur gibt[1]).

Trägerfrequenz-Abtastung

Bei der trägerfrequenten Abtastung und anschließenden Verstärkung moduliert man die Wehneltzylinderspannung der Abtaströhre mit einer Trägerfrequenz, die größer als die höchste im Bildstrom vorkommende Frequenz sein muß. Auf diese Weise wird die Helligkeit des Abtastrasters hochfrequenzmoduliert, während die durch den Abtastvorgang entstehenden Frequenzen als Modulationsfrequenz für den Träger wirken. Demnach erhält man ein „moduliertes Hochfrequenzlicht", das in der Fotozelle einen entsprechend modulierten Hochfrequenzstrom hervorruft. Der am Fotozellenwiderstand auftretende Spannungsabfall läßt sich nun in einem gewöhnlichen Trägerfrequenzverstärker verstärken, so daß die beim Betrieb von Verstärkern mit tiefer Grenzfrequenz auftretenden Nachteile fortfallen. Weiterhin spielt zwar ein Nachleuchten der Leuchtschirmsubstanz der Abtaströhre im Hinblick auf die später zu besprechende Verformung der Bildsignale keine Rolle, es verursacht jedoch einen geringen Wirkungsgrad des Trägerfrequenz-Verfahrens. Es werden höchstens 3 bis 6 %, bei bestgeeigneten Leuchtstoffen 10 %, des erzeugten Lichtes in moduliertes umgesetzt. Der Wirkungsgrad steigt mit der „Modulationstiefe" des Leuchtschirms, d. h. man muß nach Möglichkeit Röhren mit geringer Nachleuchtdauer verwenden, so daß das Verhältnis zwischen moduliertem Licht und „Gleichlicht" so groß wie möglich wird. Das Trägerfrequenz-Verfahren scheidet für unsere Labor-Zwecke aus, da man mit dem jetzt zu besprechenden direkten Verfahren nahezu gleichwertige Ergebnisse bei geringerem Aufwand erhält. Durch die größere Durchsteuerung der Röhre wird jedoch die Schärfe herabgesetzt.

Direkt-Abtastung

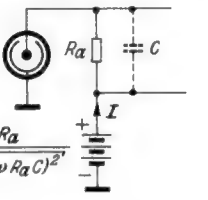
Bei der Direkt-Abtastung erfolgt keine Modulation des Wehneltzylinders der Abtaströhre. Das unmodulierte Raster wird auf das Diapositiv projiziert, so daß die dahinter angeordnete Fotozelle ein unmittelbar mit dem Bildstrom moduliertes Licht erhält. Deshalb muß der anschließende Fotozellen-Verstärker sämtliche im Bildstrom vorkommenden Frequenzen von etwa 50 bis 6 000 000 Hz phasen- und amplitudengetreu übertragen können. Zur Übertragung der mittleren Bildhelligkeit wäre an sich ein Gleichstromverstärker erforderlich; man sieht davon jedoch im allgemeinen ab und fügt den Gleichstromwert am Ausgang des Fotozellen-Verstärkers durch eine Schwarzsteuerstufe wieder ein.

Breitbandfragen

Da wir über die niederfrequente Verstärkung breiter Frequenzbänder schon anläßlich des Bildverstärkers im Fernsehempfänger ausführlich gesprochen haben (siehe FUNKSCHAU 1951, Heft 12, S. 227), können wir uns an dieser Stelle kurz fassen. Alle beim Bildverstärker erörterten Probleme gelten in vollem Umfang auch für den Fotozellen-Verstärker.

Fotozellen-Außenwiderstand

Die richtige Wahl des Fotozellen-Außenwiderstandes ist für ein zufriedenstellendes Arbeiten der ganzen Anlage von großer Bedeutung. Zunächst ergeben sich zwei einander widersprechende Forderungen. Einerseits sollte man im Hinblick auf eine möglichst kleine Verstärkerstufenzahl große Außenwiderstände verwenden, andererseits ist diesem Bestreben im Hinblick auf das Bandbreiteproblem und das Rauschen sehr bald eine Grenze gesetzt. Am Zustandekommen des Rauschens sind vor allem drei Einflüsse beteiligt, das Rauschen des Fotozellenstroms selbst, das Wärmegeräusch des Fotozellen-Widerstandes und das Rauschen der ersten Verstärkerröhre. Es zeigt sich, daß das Rauschen des Fotozellen-Widerstandes dominiert[2]). Man kann zwar das Widerstandsrauschen durch Kühlung des Widerstandes mit flüssiger Luft erheblich reduzieren; diese Maßnahme scheidet jedoch in der Praxis aus. Bei oberflächlicher Betrachtung scheint daher die Wahl eines möglichst kleinen Außenwiderstandes im Hinblick auf geringes Rauschen selbst unter Verzicht auf Empfindlichkeit am günstigsten zu sein. Indessen führt folgende Überlegung zu einem anderen Ergebnis: Die Rauschspannung ist bekanntlich der Wurzel aus dem Widerstand proportional. Eine Vervierfachung des Widerstandes führt daher beispielsweise nur zu einer Verdoppelung der Rauschspannung. Der im Fotozellenstrom enthaltene Nutzanteil, also der Bildstrom, ruft dagegen am Außenwiderstand einen Spannungsabfall hervor, der nach dem Ohmschen Gesetz linear mit dem Außenwiderstand steigt, denn die Fotozelle arbeitet stets im Sättigungsgebiet, so daß sich der Fotozellenstrom in Abhängigkeit vom Außenwiderstand praktisch nicht verändert. Allerdings steigt auch die vom Rauschanteil des Fotozellenstroms hervorgerufene Störspannung proportional mit dem Außenwiderstand; das spielt jedoch eine untergeordnete Rolle, denn diese Komponente ist in den meisten Fällen klein gegenüber dem Widerstandsrauschen. Wenn man also den Rauschwiderstand vervierfacht, so verdoppelt sich zwar die vom Widerstand hervorgerufene Rauschspannung, während die durch den Nutzanteil des Fotostroms hervorgerufene Nutzspannung auf den vierfachen Wert steigt. Der Störabstand wird also größer. Diese Überlegung führt — vom Standpunkt des Rauschens betrachtet — zur Wahl großer Außenwiderstände. Allerdings finden wir auch hier bald eine Grenze, denn wie beim RC-Verstärker geht die Bandbreite um so mehr zurück, je größer der Arbeitswiderstand gemacht wird. Dafür sind die schädlichen Kapazitäten verantwortlich, die wir schon aus früheren Betrachtungen kennen. **Bild 184** zeigt die hierfür maßgebenden elektrischen Verhältnisse; die beigefügte Formel gibt den Frequenzgang des komplexen Außenwiderstandes an. Vom Bandbreite-Standpunkt aus darf also der Außenwiderstand den Wert $1/2\pi bC$) nicht überschreiten (b = Bandbreite, C = Summe aller schädlichen Kapazitäten). Trotzdem wählt man mitunter den Außenwiderstand größer als es die Bandbreiteformel vorschreibt und kompensiert den dann resultierenden Abfall der hohen Frequenzen durch zusätzliche Maßnahmen im Verstärker, z. B. durch Resonanzdrosseln usw. In der Praxis kommt man mit Widerstandswerten zwischen 10 und 50 kΩ am besten zurecht.



$$|\Re_a| = \frac{R_a}{\sqrt{1+(\omega R_a C)^2}}$$

Bild 184. Einfluß der schädlichen Kapazität beim Fotozellen-Ausgangswiderstand

Kompensation der Leuchtschirm-Phosphoreszenz

Über dieses äußerst interessante Problem liegen seit langer Zeit im In- und Ausland ausführliche Untersuchungen vor, denn die Kompensation des Nachleuchtens in brauchbarer Form ist für das einwandfreie Arbeiten eines Katodenstrahlabtasters entscheidend[3]). Man unterscheidet zwischen dem Anklingvorgang des Leuchtschirmmaterials und dessen Abklingvorgang. Die für das Anklingen und Abklingen benötigte Zeit soll im Idealfall nicht größer sein als die Dauer eines einzelnen Bildpunktes. Wenn man von Spezialschirmen absieht, besitzen fast alle der im Handel befindlichen Röhren, entsprechend ihrem Verwendungszweck, wesentlich längere An- und Abklingdauern, so daß eine nachträgliche elektrische Kompensation unbedingt erforderlich ist.

Den zeitlichen Verlauf des An- und Abklingens kann man experimentell dadurch ermitteln, daß man auf den Schirm der zu untersuchenden Röhre einen Leuchtstrich

---

[1]) Brückersteinkuhl, Lichtstrahlabtaster mit Braunscher Röhre für trägerfrequente und niederfrequente Abtastung. Hausmitteilungen Fernseh-GmbH, Band 2, S. 143 (dort weitere Literaturstellen).
v. Ardenne, Über neuere Versuche mit Elektronenstrahl - Filmgeber - Einrichtungen für hohe Zeilen- und Bildzahlen, Fernsehen und Tonfilm, Jahrgang VII, Nr. 2, S. 9.
M. Knoll und H. Elstermann, Katodenstrahl-Personenbildabtaster für normalbeleuchtete Räume. Telefunken-Hausmitt. 18, 77, 1937, S. 65.
Die vorstehenden Hinweise stellen nur einen kleinen Auszug aus der zahlreichen Literatur über diese Probleme dar.

[2]) Siehe z. B. Dillenburger, Einführung in die neue deutsche Fernsehtechnik. 1950, Berlin, Schiele u. Schön, S. 19; ferner v. Ardenne, Fernsehen und Tonfilm, VII, Nr. 2, S. 9.

[3]) Brückersteinkuhl, Über das Nachleuchten von Phosphoren und seine Bedeutung für den Lichtstrahlabtaster mit Braunscher Röhre. Zeitschr. Fernseh-GmbH, I, S. 179.
Ders., Lichtstrahlabtaster mit Braunscher Röhre für trägerfrequente u. niederfrequente Abtastung, Zeitschr. Fernseh-GmbH, II, S. 143.
Müller, Die Korrektur des Nachleuchtens bei der Katodenstrahlabtastung, Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik, 54, 1939, S. 111.
Schnabel, Die Bedeutung der Wahl geeigneter Fluoreszenzstoffe für das Fernseh - Abtastverfahren mit Katodenstrahllichtabtaster, Z. techn. Phys., 17, 1936, S. 25.
Schnabel, Katodenstrahl - Lichtabtaster für Fernsehzwecke, Archiv Elektrotechnik 30, 1936, S. 461.

mit der in Betracht kommenden Frequenz, im vorliegenden Fall der Zeilenfrequenz, schreibt. Dieser Leuchtstrich wird durch Austasten des Wehneltzylinders mit einem negativen Rechteckimpuls oder auch durch Vorsetzen einer geeigneten Blende vor den Leuchtschirm kurzzeitig unterbrochen. Liegt überhaupt kein Nachleuchten vor, so ergibt sich im Fotozellenkreis ein Rechteckimpuls. Die erhaltene Stromkurve des Fotozellenverstärkers weicht jedoch in der Praxis erheblich davon ab und nimmt beispielsweise eine Form nach **Bild 185** an. Darin bedeuten t_a die Anklingzeit, t_e die Abklingzeit des Leuchtstoffes. Wie man sieht, ergeben sich für das Anklingen gewöhnlich kürzere Zeiten als für das Abklingen. Der Kurvenverlauf selbst entspricht annähernd dem einer Exponentialfunktion, weist jedoch gewisse Abweichungen auf. So hängt die genaue Form der Kurve sehr stark von dem verwendeten Leuchtstoff ab; beispielsweise sind die Nachleuchtzeiten von Zinkoxyd wesentlich kürzer als die von Zinksulfid. **Bild 186** zeigt die experimentell aufgenommene An- und Abklingkurve des blauen Schirmes der verwendeten Abtaströhre BP 7. Das Oszillogramm wurde mit Hilfe eines Fotozellen-Verstärkers ohne jede Kompensation gewonnen. Man erkennt deutlich den typischen Charakter des An- und Abklingvorgangs. Eine Periode entspricht dem reziproken Wert der Zeilenfrequenz von 15 625 Hz, also einer Zeit von rund 64 µsec. Das Nachleuchten hängt auch etwas von der Stromdichte und der Anodenspannung ab. Man betreibt daher daher vorteilhaft die Röhre mit konstanten Werten.

Die Kompensation des Nachleuchtens erfolgt in verhältnismäßig einfacher Weise durch das Einfügen eines oder mehrerer RC-Glieder an geeigneter Stelle der Schaltung des Fotozellen-Verstärkers. Nimmt man an, daß das An- und Abklingen praktisch exponentiell verläuft, so kann man jedem Vorgang eine Zeitkonstante zuschreiben und die erwähnten RC-Glieder so bemessen, daß ihre gegenläufig wirkende betreibt daher vorteilhaft die Röhre mit konstanten Werten.

Die schaltungstechnische Einführung des Kompensationsgliedes ergibt sich aus den **Bildern 187** und **188.** Man verwendet die auf die Fotozelle folgende erste Verstärkerstufe zur Kompensation und fügt das RC-Glied einfach in den Katodenkreis ein. Den richtigen Wert der erforderlichen Kompensations-Zeitkonstante kann man sehr genau mit R_1 einstellen, ohne daß deshalb der Arbeitspunkt der Röhre verschoben wird.

Man erreicht auch mit einer Schaltung nach **Bild 189** eine mehr oder weniger vollständige Kompensation des Nachleuchteffekts. In dieser Schaltung bedeutet C_1 den Koppelkondensator zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verstärkerstufen, den man so bemißt, daß sein kapazitiver Widerstand noch bei der tiefsten vorkommenden Frequenz vernachlässigbar klein gegenüber den Wechselstromwiderständen der sonst vorkommenden Schaltmittel ist. Dieser Kondensator dient lediglich zur Abtrennung der Anodengleichspannung. Die beiden Widerstände R und R_1 bilden nun für tiefe Frequenzen, bei denen das parallel zu R liegende C noch keine Rolle spielt, einen Spannungsteiler. Macht man beispielsweise $R/R_1 = 10/1$, so gelangt nur ungefähr der zehnte Teil der zu den tiefen Frequenzen gehörenden Spannung auf das Gitter der folgenden Röhre. Bei hohen Frequenzen dagegen schließt C den Widerstand R mehr und mehr kurz, so daß sich das Spannungsteilerverhältnis verkleinert. Bei zweckentsprechender Bemessung wird daher die volle, zu den höchsten Frequenzen gehörende Spannung übertragen. Von der Schaltung nach Bild 189 kann man daher ebenfalls mit Erfolg Gebrauch machen.

Eine befriedigende Kompensation des Nachleuchtens erhält man zweckmäßigerweise durch Versuche. Dabei zeigt sich, daß eine einzige Kompensationsstufe gewöhnlich nicht ausreicht. In der Versuchsschaltung des Verfassers wurde im Katodenkreis der ersten Verstärkerröhre ein Glied RC, in der zweiten Stufe dagegen ein weiteres

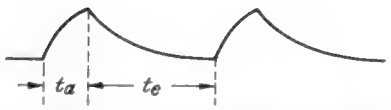


Bild 185. Ankling- und Abklingzeit einer Leuchtschirmsubstanz

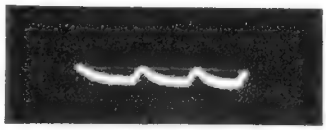


Bild 186. Oszillogramm des An- und Abklingvorgangs

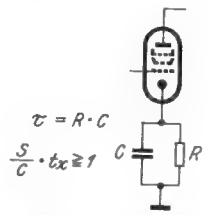


Bild 187. Kompensations-RC-Glied im Katodenkreis

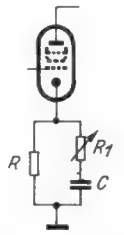


Bild 188. Regelbares Kompensationsglied

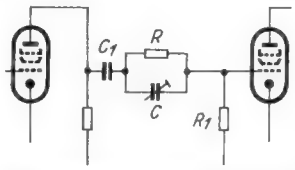


Bild 189. Frequenzabhängiger Spannungsteiler zur Anhebung der hohen Frequenzen

Bild 190. Oszillogramm des An- und Abklingvorgangs nach Bild 186 bei Einschaltung des Gliedes R C nach Bild 187

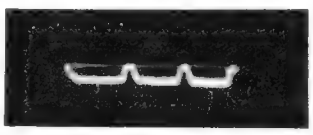


Bild 191. Oszillogramm des An- und Abklingvorgangs nach Bild 186 bei Einschaltung des 2. Gliedes R C nach Bild 189

Bild 192. Oszillogramm des An- und Abklingvorgangs nach Bild 186 bei Einschaltung beider Kompensationsglieder

Glied R_1 C_1 verwendet. Die Wirkung dieser beiden RC-Glieder ergibt sich recht anschaulich aus den jetzt zu besprechenden Oszillogrammen. **Bild 190** zeigt ein am Ausgang des Fotozellen-Verstärkers gewonnenes Oszillogramm von drei Perioden der Zeilenfrequenz für den Fall, daß das Glied RC kurzgeschlossen, daß also lediglich das Glied R_1, C_1 vorhanden ist, Vergleicht man Bild 190 mit Bild 186, bei dem überhaupt keine Kompensation vorhanden ist, so erkennt man bereits eine Versteilerung des Anklingens. Schließt man R_1, C_1 kurz, so daß nur das Glied RC wirksam ist, so erhält man ein Oszillogramm nach **Bild 191.** Dieses Zeitkonstantenglied hat, wie man sieht, einen großen Einfluß auf die Kompensation des Abklinggvorgangs. Der Impuls hat bereits eine fast rechteckige Gestalt. Werden nun beide Kompensationsglieder wirksam, so ergibt sich das Oszillogramm nach **Bild 192.** Die Rechteckform ist zwar noch nicht ideal, aber immerhin so gut ausgeprägt, daß die Kompensation als befriedigend bezeichnet werden darf. Die Zeitkonstanten betrugen $RC = 7{,}5 \cdot 10^{-6}$ sec ($R = 300\ \Omega$, $C = 25\,000$ pF), $R_1\,C_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ sec. ($R\,1 = 200\ \Omega$, $C\,1 = 10\,000$ pF). Die Bestwerte wurden empirisch ermittelt und gelten selbstverständlich nur für die blaue Leuchtschicht der Abtaströhre 7 BP 7. Wer andere Röhren verwendet, muß die erforderlichen Zeitkonstanten von Fall zu Fall bestimmen.

Wie sehr das Nachleuchten der Abtaströhre ein Schirmbild verfälschen kann und wie befriedigend die Kompensation gelingt, sollen die Bilder 193, 194 und 195 zeigen. Es wurde ein Diapositiv abgetastet, das aus einem Dreieck und einem Viereck bestand. Die Bilder zeigen Fotoaufnahmen des Schirmbildes der Empfangsröhre. **Bild 193** gilt für den Fall der vollständig fehlenden Kompensation. Das Nachleuchten ist so stark, daß die rechte Seite des Dreiecks überhaupt nicht mehr erkennbar ist. Der Effekt setzt sich noch in weiteren Zeilen fort, so daß auch die Vorderseite des Dreiecks verdunkelt erscheint. Ähnliches gilt für die oberen und unteren Begrenzungskanten des Rechtecks. **Bild 194** zeigt bereits ein Stadium weitgehender, wenn auch noch nicht vollständiger Kompensation. Die beiden Figuren heben sich jetzt vollkommen deutlich auf dem Schirm ab, ein Nachleuchtvorgang ist jedoch noch zu beobachten. **Bild 195** zeigt die Überkompensation bei tieferen Frequenzen, was man daraus erkennt, daß die rechts auf die Figuren folgenden Streifen nicht mehr dunkel, sondern hell sind. Im Idealfall dürfen natürlich überhaupt keine Streifen zu sehen sein.

Fortsetzung folgt

H. Richter

Der Fernseh-Empfänger

Von Dr. Rudolf Goldammer

144 Seiten mit 217 Bildern und 5 Tabellen
kart. 9.50 DM, in Halbleinen 11 DM

Ein Buch zur Vertiefung der fernsehtechnischen Artikelreihen in der FUNKSCHAU

FRANZIS-VERLAG, München 22, Odeonsplatz 2

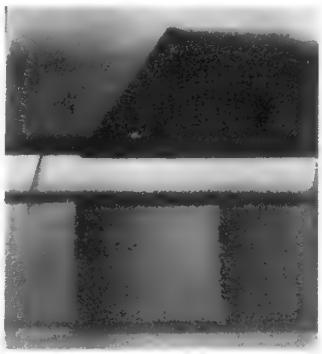


Bild 193. Wirkung des Nachleuchtens bei nichtkompensiertem Verstärker

Bild 194. Das Nachleuchten ist zum größten Teil kompensiert

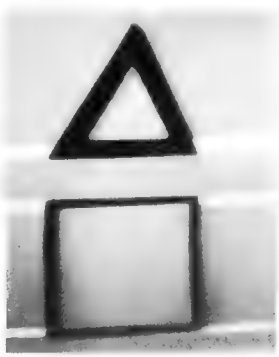


Bild 195. Überkompensation des Nachleuchteffektes

Gitterbasis- und Katodenfolgeschaltung im modernen Senderbau II

Der erste Teil dieser Arbeit, der die Gitterbasisschaltung behandelte, erschien in Heft 9 der FUNKSCHAU. Der nachstehende Schlußteil befaßt sich mit der Katodenfolgeschaltung und führt an einem Beispiel die Berechnung der Treiberstufe eines Anodenmodulators durch.

Die Katodenfolgeschaltung

Bei der Katodenfolgeschaltung **(Bild 1c)** wird die Anode als gemeinsames Element verwendet. Das Eingangssignal wird zwischen Gitter und Anode eingespeist (die Impedanz der Anodenspannungsquelle kann vernachlässigt werden). Das Ausgangssignal wird an R_a zwischen Katode und Anode abgenommen. Ähnlich wie bei der Gitterbasisschaltung findet eine Gegenkopplung statt, wobei die gesamte Ausgangsspannung auf den Eingang zurückgekoppelt wird. Dadurch wird die Eingangsspannung größer als die Ausgangsspannung, weshalb eine Röhre in der Katodenfolgeschaltung niemals eine Spannungsverstärkung bewirken kann. Der Katodenverstärker stellt daher einen 100 %ig gegengekoppelten Verstärker dar, dessen Spannungsverstärkung stets kleiner als 1 sein muß. Trotz der fehlenden Spannungsverstärkung ist aber mit ihm eine relativ hohe Leistungsabgabe möglich. Der Katodenverstärker besitzt stets eine hohe Eingangsimpedanz, während seine Ausgangsimpedanz niedrig ist. Aus diesem Verhalten heraus erklärt sich seine Eignung als Impedanzwandler, wenn es gilt einen hochohmigen Vierpol an ein niederohmiges Glied, z. B. an ein Kabel, anzuschließen. Oft ist es auch erwünscht, die Wechselspannung ohne Phasenumkehr zu übertragen. Der Katodenverstärker läßt sich hierfür gut verwenden, da sich die Spannung an seinem Katodenwiderstand R_a in gleicher Phasenlage befindet wie das Eingangssignal. Die starke Gegenkopplung bewirkt eine Verringerung des inneren Widerstandes R_i der Röhre. Durch die niedrige Ausgangsimpedanz und den niedrigen Innenwiderstand wird der Katodenverstärker überall dort von Vorteil sein, wo es darauf ankommt, hohe Gitterwechselspannungen und Ströme verzerrungsfrei und über ein weites Frequenzband zu übertragen. Mit einem Transformator ließe sich eine Impedanzwandlung über ein derart breites Frequenzband nur schwer durchführen.

Berechnung der Treiberstufe eines Anodenmodulators

Bild 5 zeigt das Prinzipschaltbild eines mit zwei Treiberröhren bestückten Gegentaktmodulators, dessen Trioden eine Gitter-Steuerleistung von 50 W bei 500 V Gitterwechselspannung (Amplitude) benötigen.

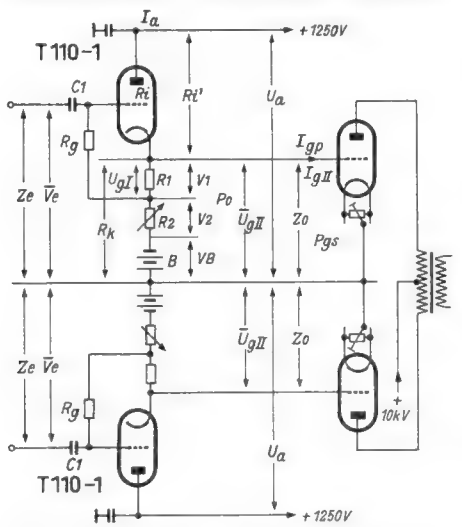


Bild 5. Gegentakt-B-Modulator mit niederohmiger Treiberstufe in Katodenfolgeschaltung

Die für die Endstufe nötige Steuerleistung berechnet sich aus der Näherungsformel:

$$Pgs = 0{,}9 \cdot I_{gII} \cdot \overline{U}_{gII}$$

Hieraus folgt der Gitterstrom für die Endröhre:

$$I_{gII} = \frac{50}{0{,}9 \cdot 500} = \begin{matrix} 0{,}11\text{ A für beide Endröhren,} \\ 0{,}056\text{ A für eine Röhre.} \end{matrix}$$

Der Modulations-Spitzenstrom I_{gp} kann überschlägig aus der für die B-Schaltung gegebenen Beziehung ermittelt werden:

$$\frac{I_g}{I_{gp}} = 0{,}1 \text{ bis } 0{,}25$$

Im Mittel ergibt sich:

$$I_{gp} = \frac{I_{gII}}{0{,}185} = \begin{matrix} 0{,}6\text{ A für beide Röhren,} \\ 0{,}3\text{ A für eine Röhre.} \end{matrix}$$

Die hier gewählte Röhre T 110-1 (Brown Boveri) ist mit folgenden Daten zu betreiben:

$$U_a = 1250\text{ V}, \quad S = 3{,}1\text{ mA/V}$$

$$D = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{5{,}3} = 0{,}19$$

$$R_i = \frac{\mu}{S} = 1700\ \Omega$$

$$Pa_{max} = 100\text{ W}$$

$$\text{Ruhestrom } I_{ao} = 20\text{ mA}.$$

Durch eine kurze Kontrollrechnung wird geprüft, ob die maximale Anodenverlustleistung Pa_{max} nicht überschritten wird:

Die Anodenausgangsleistung der Röhre $P_{ia} = U_a \cdot I_a$. Es ist aber I_a auch gleich dem zu liefernden Gitterstrom I_{gII}, so daß geschrieben werden kann:

$$P_{ia} = U_a \cdot I_{gII} = 1250 \cdot 0{,}056 = 70\text{ W}.$$

Die Ausgangsleistung einer Röhre P_o muß somit gleich der Gittersteuerleistung P_{gs} für die Endröhren sein:

$$P_o = \frac{P_{gs}}{2} = \frac{50}{2} = 25\text{ W}.$$

Die Anodenverlustleistung beträgt

$P_a = P_{ia} - P_o = 70 - 25 = 45$ W. Sie ist also kleiner als Pa_{max} und somit zulässig.

Aus dem Kurvenbild der T 110-1 **(Bild 6)** ergibt sich für $V_a = 1250$ V und $I_{ao} = 20$ mA eine erforderliche Gitterspannung von $U_{gI} = -220$ V. Sie wird als Spannungsabfall am Katodenwiderstand R 1 erzielt:

$$R\,1 = \frac{220}{20} = 11\text{ k}\Omega.$$

Die Gitterspannung U_{gII} der Endröhre beträgt in diesem Falle -300 V; sie hat entgegengesetzte Polarität wie U_{gI} und wird zum Teil an einem regelbaren Widerstand R 2 zum Teil aus einer Batterie B gewonnen. Die Höhe der Batteriespannung muß im Hinblick auf die für die Endstufe erforderliche Gittervorspannung U_{gII} bemessen werden.

Mit einer nach dieser Überlegung gewählten Batteriespannung $U_B = 800$ V ergibt sich:

$$R\,2 = \frac{U_B - U_l - U_{gII}}{I_a} = \frac{800 - 220 - 300\text{ V}}{20 \cdot 10^{-3}\text{ A}}$$

$$= 14{,}0\text{ k}\Omega.$$

Dieser Widerstand kann als 20-kΩ-Regler ausgeführt werden.

Bei $I_{gII} = 0$ ergibt sich der gesamte Katodenwiderstand mit:

$$R_K = R_1 + R_2 = 25\text{ k}\Omega.$$

Mit dem Einsetzen der Modulation wird R_K eine Impedanz Z_o parallelgeschaltet, so daß sich eine Gesamtimpedanz von Z_K ergibt:

$$Z_K = \frac{Z_o \cdot R_K}{Z_o + R_K} \text{ wobei } Z_o = \frac{\overline{U}_{gII}}{I_{gp}} = \frac{500}{0{,}3} = 1660\ \Omega$$

$$Z_K = \frac{1{,}66 \cdot 25}{1{,}66 + 25} = 1560\ \Omega$$

Die Eingangswechselspannung:

$$\overline{U}_e = \overline{U}_{gII}\left(1 + \frac{1}{\mu} + \frac{1}{SZ_K}\right) =$$

$$500 \cdot \left(1 + 0{,}19 + \frac{10^3}{3{,}1 \cdot 1560}\right)\text{V} = 700\text{ V}$$

Die Verstärkung: $V = \dfrac{\overline{U}_{gII}}{U_e} = \dfrac{500}{700} = 0{,}73$

Das gleiche Ergebnis liefert auch folgende Beziehung:

$$V = \frac{\mu \cdot Z_K}{(1 + \mu)\, Z_K + R_i}$$

$$= \frac{5{,}3 \cdot 1560}{(1 + 5{,}3)\, 1560 + 1700} = 0{,}73$$

Der Innenwiderstand R_i wird bei der Katodenverstärkerschaltung auf R_i' verringert, zu:

$$R_i' = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right) S} = \frac{10^3}{\left(1 + \frac{1}{5.3}\right) 3{,}1}\ \Omega = 270\ \Omega$$

Zu beachten ist, daß die Anodenbelastung für die Vorverstärkerröhre sehr hochohmig wird, nämlich:

$$Z_e = \frac{R_2\,(\mu R_g + R_i + R_1)}{R_1 + R_2 + R_i}$$

$$= \frac{14\,(5{,}3 \cdot 500 + 1{,}7 + 11)}{13{,}5 + 14 + 1{,}7} = 1280\text{ k}\Omega$$

wobei R_g entsprechend den Röhrendaten mit 500 kΩ gewählt wurde.

Aus diesen Ergebnissen ist zu ersehen, daß eine Röhre mit niedrigem Verstärkungsfaktor μ und niedrigem Innenwiderstand in Katodenfolgeschaltung zur verzerrungsfreien Abgabe außerordentlich hoher Ströme geeignet ist. Bei dieser Schaltungsart kann aus zwei parallelgeschalteten T 110-1 beispielsweise ein Spitzenstrom von 1,5 A entnommen werden. Die Schaltung ist daher für Qualitätsverstärker besonders geeignet, bei denen Modulationsleistungen mit kurzzeitig auftretenden hohen Gitterstromspitzen mit geringsten Verzerrungen zu verarbeiten sind. Beim Auftreten eines Gitterstromes darf dabei an der Treiberröhre kein zu großer Spannungsabfall entstehen, weshalb eine Röhre mit möglichst kleinem Innenwiderstand als Treiberröhre zu wählen ist.

Dipl.-Ing. R. Hübner

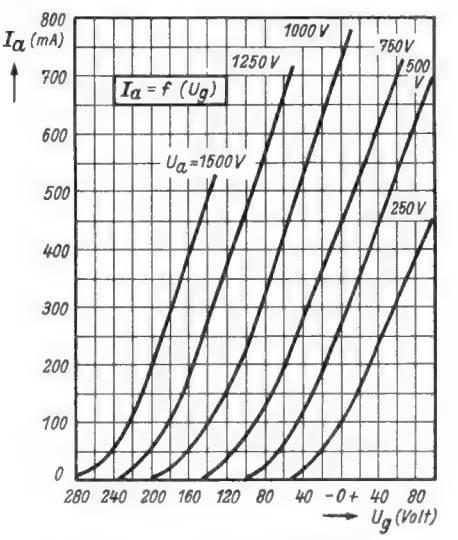
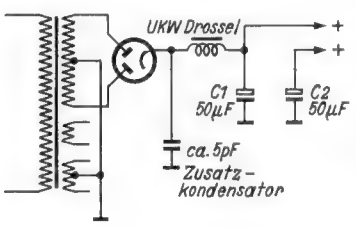


Bild 6. Kennlinien der Triode T 110-1

Vorschläge für die WERKSTATTPRAXIS

Einstreuung von Netzbrummen in die UKW-Vorstufe

Ein Empfangsgerät zeigte Netzbrummen, das nur auf UKW zu hören war und sich mit der eingestellten Frequenz änderte. Am lautesten war es am Bereichsanfang. Da der Netztransformator unmittelbar neben dem UKW-Eingang angeordnet war, lag die Vermutung nahe, daß die Einstreuung direkt vom Netztransformator auf den UKW-Eingang erfolgte. Versuche, das Brummen zu beseitigen, waren jedoch ohne Erfolg. Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, daß sich das Brummen veränderte, wenn man mit dem Schraubenzieher oder einem Finger in die Nähe der UKW-Drossel an der Katode der Gleichrichterröhre kam. Beim Berühren der Drossel oder des Katodenanschlusses war das Brummen völlig verschwunden. Eine kleine Kapazität von einigen Picofarad, direkt vom Katodenschluß zum Halteblech der Gleichrichterröhre gelegt **(Bild)**, ersetzte die Handkapazität, so daß das Gerät wieder einwandfrei arbeitete. Erwin Schewe

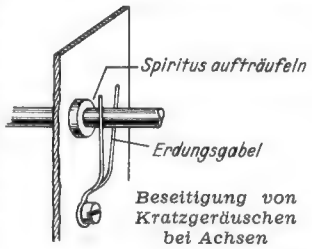


Netzbrummen im UKW-Bereich läßt sich manchmal durch einen kleinen Zusatzkondensator beseitigen

Störende Kratzgeräusche während des Abstimmens

Vielfach treten beim Betätigen des Abstimmknopfes eines Rundfunkgerätes — vor allem im Kurzwellenbereich — eigenartige Kratzgeräusche im Lautsprecher auf, ähnlich denen, die sich ergeben, wenn Drehkondensatorplatten sich berühren. Meist sind diese Störungen hochfrequenter Natur; sie entstehen durch Reibung zweier Metalle. Anscheinend haben sich innerhalb der Lager feine Metallteilchen abgelöst, die den Fettfilm durchdringen und so elektrostatische Entladungen oder Kontakt-Elektrizität erzeugen. Mit Hilfe eines geerdeten gabelförmigen Stahldrahtes oder einer Blattfeder, die auf den betreffenden Achsen federnd aufliegen **(Bild)**, können diese Störgeräusche beseitigt werden.

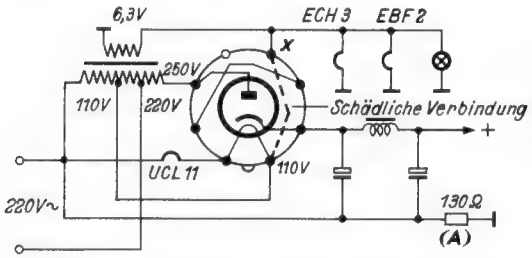
Unbekannt ist vielfach noch, daß sich diese Kratzgeräusche auch durch einfaches Auswaschen der Lager oder durch Aufträufeln von Spiritus oder Tetrachlorkohlenstoff beseitigen lassen. Ing. Anton Aschenbrenner



Beseitigung von Kratzgeräuschen bei Achsen

Merkwürdiger Brummfehler bei einem ausländischen Super

Ein Super ausländischen Fabrikates wurde mit der Bemerkung zur Reparatur eingeliefert, er brumme schon seit längerer Zeit und dieses Brummen nehme stetig zu. Eine Überprüfung aller in Frage kommender Kondensatoren führte zu keinem Erfolg. Ja, das Brummen verschwand selbst dann nicht, als die Katodenzuführung des Gleichrichters abgelötet wurde. An der Anode der Endröhre konnte man auch dann noch eine Wechselspannung von ca. 50 V gegen Katode messen. Bei Ersatz der Röhre UY 1 N durch eine deutsche Type verstärkte sich das Brummen und die Wechselspannung an der Endröhre stieg auf 110 V an. Gleichzeitig leuchteten Röhren und Skalenlämpchen hell auf und der Widerstand A zur Erzeugung der halbautomatischen Gittervorspannung brannte durch.



Brummfehler durch eine innere Verbindung an den Sockelstiften einer Gleichrichterröhre

Bei Überprüfung der Röhrenanschlüsse zeigte sich, daß der Kontakt x als Stütze für die 6,3-V-Heizung der E-Röhren verwendet wurde. Dieser Kontakt ist aber bei der normalen UY 1 N mit dem Heizfaden verbunden. Bei der ausländischen Type war nur ein Widerstand von wenigen kΩ vorhanden, der sich offenbar stetig verkleinerte. Nach Entfernung des 6,3-V-Anschlusses vom „freien" Kontakt arbeitete das Gerät normal.

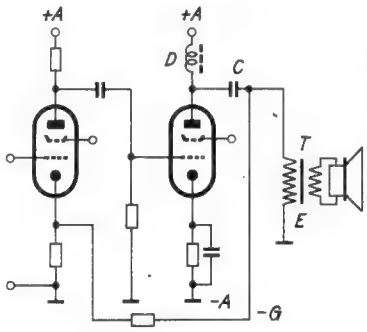
Durch den falschen Stützkontakt waren also 110 V Wechselspannung zwischen Masse und die negative Anodenleitung gelegt worden, daher brannte der Widerstand durch. Die Wechselspannung gelangte über die Elektrolytkondensatoren in die Anodenleitung.

Lehre: Keine „freien" Kontakte als Stützpunkte verwenden![1]) Beim Ersatz ausländischer Röhren durch deutsche Röhren der gleichen Type Sockelanschlüsse überprüfen! Ernst Gass

[1]) Ein Rat, den wir in der FUNKSCHAU schon öfter gegeben haben. Die Redaktion

Brummverminderung durch eine Ausgangsdrossel

Der Ausgangstransformator eines Verstärkers (T im **Schaltbild**) kann bekanntlich dadurch von Anodengleichstrom entlastet werden, daß dieser Strom über eine Drossel D zur Röhre geführt und der Transformator über einen Kondensator C mit der Anode verbunden wird. Wegen des Fortfalls der Vormagnetisierung des Transformators läßt sich mit weniger Windungen eine genügend große Induktivität erzielen, was wiederum wegen der geringeren Streuung einen größeren Frequenzbereich zur Folge hat. Diese Wirkung tritt unabhängig davon auf, ob das Ende E des Transformators am Pluspol oder am Minuspol der Anodenspannungsquelle liegt. Die Anschaltung an den Pluspol hat den Vorteil, daß der Abriegelungskondensator C nicht mit einer Gleichspannung beansprucht wird.



Drossel D zur Beseitigung einer Vormagnetisierung und zur Herabsetzung des Netzbrummens

Wenn jedoch die Endröhre des Verstärkers mit einer Spannungsgegenkopplung versehen ist, z. B. mittels der Gegenkopplungsgleichung G, so ist es günstiger, das Ende E, wie dargestellt, an Masse und damit an den Minuspol der Anodenspannungsquelle zu schalten. Dann tritt die eigenartige Erscheinung auf, daß das Netzbrummen herabgesetzt wird. Die Gegenkopplung bewirkt nämlich, daß sich die gegengekoppelte Endröhre so verhält, als ob sie einen kleineren Innenwiderstand hätte. Die zwischen —A und + A herrschende Brummspannung teilt sich deshalb zwischen Drossel und Endröhre so auf, daß der kleinere Teil auf die Endröhre und der größere Teil auf die Drossel entfällt. Schaltet man also die Primärseite des Ausgangstransformators wechselstrommäßig nicht parallel zur Drossel, sondern, wie dargestellt, parallel zur Endröhre, so wird nur der kleinere Teil der Brummspannung auf den Ausgang übertragen.

Diese Schaltung wurde in den Telefunken-Ela-Verstärkern der Jahre 1940 bis 1944 angewendet. Dipl.-Ing. H. Pitsch

Ermittlung von magnetischen Brummeinstreuungen

Mancher Wechselstromempfänger zeigt nach vollendeter Reparatur noch ein unangenehmes Restbrummen, das sich trotz Vergrößerung des Siebkondensators nicht beseitigen läßt. Die Ursache ist vielfach das Streufeld des Netztransformators, das in Hf-und Zf-Spulen, Zwischenübertragern, Drosseln oder Ausgangsübertragern eine Brummspannung induziert. Die beeinflußte Spule läßt sich mit einem empfindlichen Kopfhörer sehr schnell feststellen.

Man entfernt die Gleichrichterröhre, schaltet das Gerät ein und tastet mit den Höreranschlüssen die entsprechenden Wicklungsenden ab. Eine induzierte Spannung wird sich im Kopfhörer je nach Art der Spule, mehr oder weniger stark bemerkbar machen. Durch Verdrehen des Bauteiles wird das Brumm-Minimum festgestellt und damit die günstigste Einbaulage bestimmt.

Dieses Verfahren hat sich besonders beim Bau von Verstärkern bewährt, wo die günstigste Lage der Zwischen- und Ausgangsübertrager zum Netztransformator schon während der Montage auf diese Weise ermittelt werden konnte. Sinngemäß läßt sich natürlich auch ein Signalverfolger oder ein Verstärker verwenden. E. Tschirner

Versilbern von Kupferdrähten

Damit ein Silberbelag fest am Kupfer haftet, ist eine absolut saubere Metalloberfläche unerläßlich. Will man eine Kupferspule versilbern, so gibt man ihr die endgültige Form und taucht sie dann in rauchende Salpetersäure. Das tut man am besten in der frischen Luft, weil dabei giftige rote Dämpfe entstehen. Anschließend spült man den Kupferdraht gründlich in klarem Wasser und taucht ihn dann in gebrauchtes Fixierbad. Dann überzieht sich die Oberfläche des Kupfers mit einer gut haftenden Silberschicht, deren Stärke von der Dauer des Eintauchens abhängt. Nachdem das Fixierbad durch Wasser fortgespült ist, läßt man die Spule trocknen und taucht sie zum Schluß in Zapon-lack, der sie mit einer dünnen Schicht überziehen soll. Dadurch wird der Luft der Zutritt zur Versilberung versperrt. Das ist notwendig, weil die Luft ständig Spuren von Schwefelwasserstoff enthält, der sich mit Silber zu schwarzem und nichtleitendem Chlorsilber verbindet.

Ist kein gebrauchtes Fixierbad vorhanden, dann nimmt man eine Lösung von 200 g Fixiersalz (Natriumthiosulfat) in 1000 cm³ Wasser. Dieser Lösung setzt man 1 g Silbernitrat (Höllenstein) zu, das man zuvor in einer geringen Menge warmen Wassers aufgelöst hat. Silbernitrat muß im Dunkeln aufbewahrt werden, weil es vom Licht in seine Bestandteile zersetzt wird. Aus diesem Grunde empfiehlt sich auch die Aufbewahrung einer Silbernitratlösung nicht.

Die Wirksamkeit des Bades prüft man durch Eintauchen eines blanken Kupferdrahtes, der schnell einen Silberüberzug erhalten muß. Die Wirksamkeit eines erschöpften Bades kann durch erneuten Zusatz von Silbernitrat wieder hergestellt werden.

Dr. A. Renardy

Auch Ihre Werkstatt-Erfahrungen sind für die Leser der FUNKSCHAU von Wert. Bitte teilen Sie sie der Redaktion der FUNKSCHAU mit (München 22, Odeonsplatz 2); bei Veröffentlichung erfolgt angemessene Honorierung.

Prozeß der Gema gegen die Tonbandgeräte-Industrie

Die Gema hat gegen vier Firmen der Tonbandgeräte-Industrie, nämlich Grundig, Schaub, Lorenz und Metz, Klagen beim Landgericht Berlin 1 erhoben, in denen es sich um die Frage dreht, ob der Käufer eines Tonbandgerätes für seinen persönlichen Gebrauch (im eigenen Heim für sich, seine Familie und im Rahmen der normalen häuslichen Geselligkeit) Rundfunksendungen und Schallplatten auf Tonband vervielfältigen und abspielen darf. Das Gesetz spricht sich eindeutig für eine Zulässigkeit derartiger Aufnahmen aus. Der hier maßgebende § 15 Abs. 2 des Gesetzes über Urheberrecht an Werken der Literatur und Tonkunst lautet:

> „Eine Vervielfältigung zum persönlichen Gebrauch ist zulässig, wenn sie ohne die Absicht geschieht, aus dem Werk eine Einnahme zu erzielen."

Die von der Gema beauftragten zahlreichen Gutachter versuchten zunächst zu beweisen, daß es sich bei der Überspielung auf Tonband um keine „Vervielfältigung", sondern um eine „Bearbeitung" des Werkes handle. Diese Ansicht hat jedoch der Bundesgerichtshof mit Recht abgelehnt. Die nunmehrigen oben genannten vier Klagen der Gema bringen nun als Begründung vor, daß der Gesetzgeber beim Erlaß des Gesetzes im Jahr 1900 diese Art von Vervielfältigung nicht gekannt habe, mit einem Tonbandgerät sei es jedermann möglich, sich ein Schallplattenarchiv anzulegen. Dies würde zu einer Schädigung der Urheberrechte führen.

Von seiten der Tonbandgeräteindustrie wurde demgegenüber vorgebracht, daß der Wortlaut des Gesetzes eindeutig sei. Der Gesetzgeber habe auch im Jahre 1910, als eine Novelle zum Urheberrechtsgesetz eingefügt wurde, die Möglichkeit mechanischer Vervielfältigungen gekannt und trotzdem den persönlichen Gebrauch weiterhin von Ansprüchen der Urheber freigestellt. Wenn die Ansicht der Gema durchdringen würde, würde das eine unerträgliche Belastung der häuslichen Sphäre bedeuten, da die Gema ihre Kontrolleure in die Wohnungen schicken müßte, um festzustellen, ob die Tonbandgerätebesitzer derartige Vervielfältigungen vorgenommen haben. Es wird auch ein erheblicher Teil der zum Verkauf gelangenden Tonbandgeräte gar nicht für Rundfunk- und Schallplattenüberspielungen benützt, sondern als Diktiergerät und für eine Reihe anderer Zwecke verwendet. Es wäre eine Ungerechtigkeit, die von der Gema für jedes Gerät geforderte Pauschallizenz (1 % vom Bruttopreis) auch den Käufern von Tonbandgeräten für Diktierzwecke aufzuerlegen.

Das Landgericht Hamburg hat bereits mit einem Urteil den Standpunkt der Tonbandgeräteindustrie geteilt und die Verwendung der Tonbandgeräte zur Vervielfältigung von Rundfunksendungen und Schallplatten als durch § 15 Abs. 2 Urhebergesetz gedeckt und daher als nicht gebührenpflichtig für die Gema bezeichnet. Trotzdem hat das Landgericht Berlin mit Urteilen vom 15. und 23. 4. 53 die genannten Firmen verurteilt. Das Urteil lautet nicht, wie in verschiedenen Pressenotizen behauptet wird, daß den Tonbandgerätefirmen der Verkauf ihrer Geräte verboten sei. Es legt nur den Tonbandgeräteherstellern auf, die Empfänger ihrer Geräte zu verpflichten, die Genehmigung der Gema einzuholen, falls sie ihr Tonbandgerät zur Überspielung von Rundfunksendungen oder Schallplatten benützen sollten. Das Urteil ist nicht rechtskräftig und auch die Begründung für diese dem Wortlaut des Gesetzes widersprechende Entscheidung noch nicht bekannt; die Begründung wird erst Mitte/Ende Mai vom Gericht mitgeteilt werden. Von den Grundig Radio-Werken wird gegen das Urteil Berufung und, wenn nötig, auch Revision beim Bundesgerichtshof eingelegt werden.

... was sagt der Arbeitskreis der deutschen Schallplatten-Industrie?

Die Überspielung von Schallplatten auf Tonband oder Draht für gewerbliche Zwecke ist nach den bereits ergangenen gerichtlichen Urteilen verboten.

Trotz mehrfacher Verwarnungen gibt es immer noch Kreise, die glauben, sich über diese Tatsache hinwegsetzen zu können.

Daß die Schallplatten-Industrie solchen Rechtsverletzungen nicht länger zusehen kann, hat eine namhafte, rheinische Einzelhandelsfirma erfahren müssen, der solche Überspielungen für sich und ihre Abnehmer nachgewiesen wurden und die in einem außergerichtlichen Vergleich eine bedeutende Summe für die von ihr getätigten Überspielungen bezahlen mußte und sich gegen eine Konventionalstrafe von 1000 DM pro Titel verpflichtet hat, derartige Überspielungen in Zukunft zu unterlassen. Wie wir erfahren, wollen die Schallplattenfirmen gegen Verletzer ihrer Rechte jetzt unnachsichtig vorgehen.

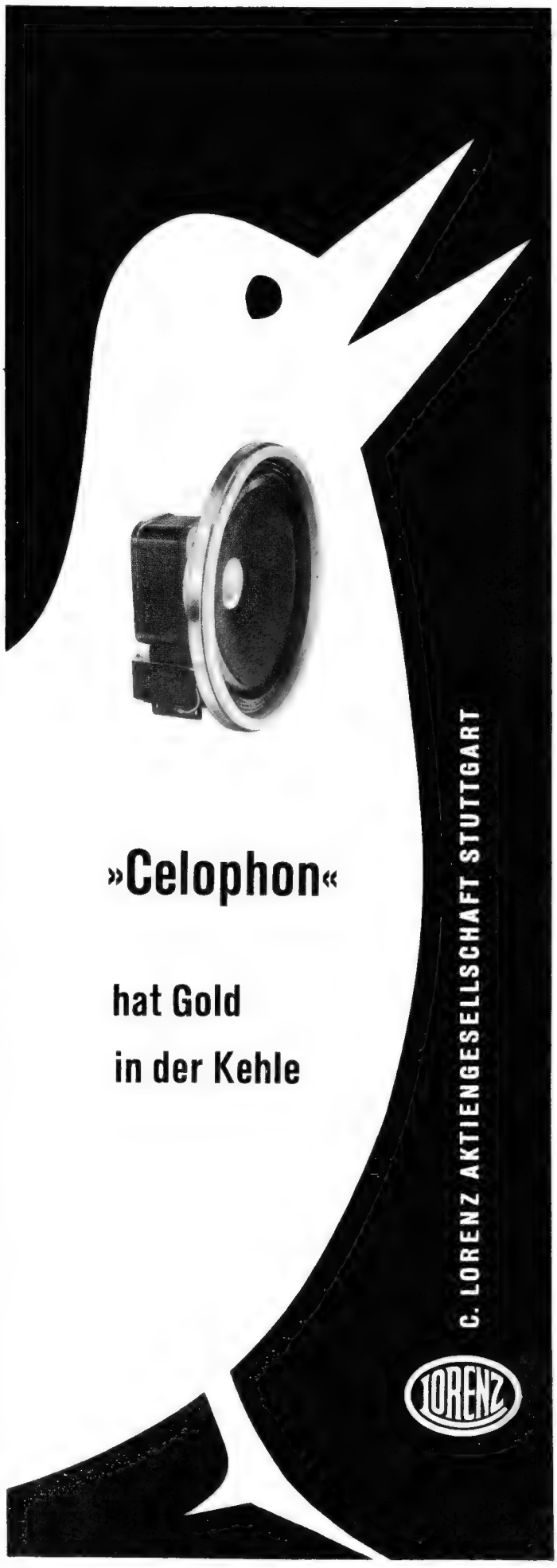
Plattenwechsler Philips 2508

Von einem modernen Plattenwechsler verlangt man, daß er eine große Zahl verschiedener Arbeitsvorgänge automatisch oder halbautomatisch ausführen kann. Da ein solches Gerät außerdem auf drei Drehzahlen (33⅓, 45, 78 U/min) umschaltbar ist und sein Tonabnehmer je nach Plattenschnitt mit einem von zwei verschieden geschliffenen Saphiren arbeitet, ergibt sich eine Fülle von Kombinationsmöglichkeiten. Um von deren Vielzahl einen Begriff zu vermitteln, sind in der umseitigen **Tabelle** die wichtigsten Funktionen des Philips-Plattenwechslers 2508 zusammengestellt.

Wie man aus der Zusammenstellung entnehmen kann, erfolgen verschiedene Vorgänge halbautomatisch, mit anderen Worten: sie müssen von Hand eingeleitet werden. Gerade diese Möglichkeit gibt aber dem Gerät einen ungewöhnlich hohen Gebrauchswert. Zwei Beispiele aus der Praxis mögen das erläutern.

Schallplattenmusik bei Tanzveranstaltungen

Der Wechsler wird mit zehn Tanzplatten „geladen" und der Pausenschalter auf „Ein" gestellt. Nach jedem Musikstück tritt eine Pause von



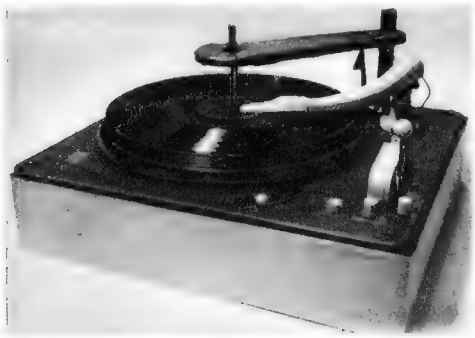


Bild 1. Plattenwechsler Philips 2508

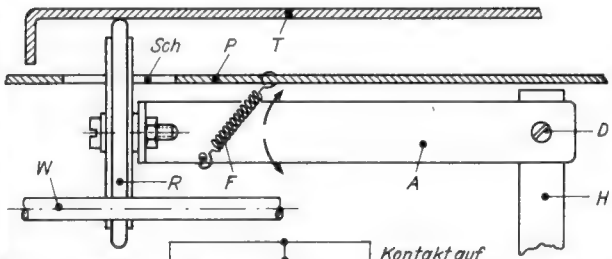


Bild 2. Anordnung des Reibradgetriebes

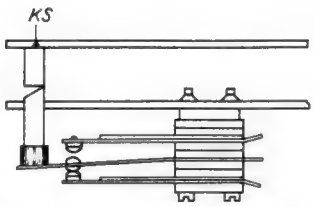


Bild 5. Motorschalter auf der Kommandoscheibe

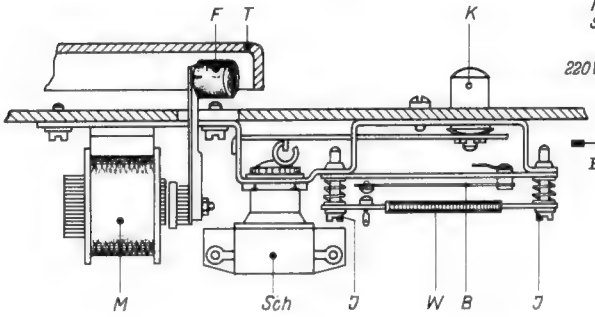


Bild 3. Schematische Darstellung des Pausenschalters mit Bremsmagnet

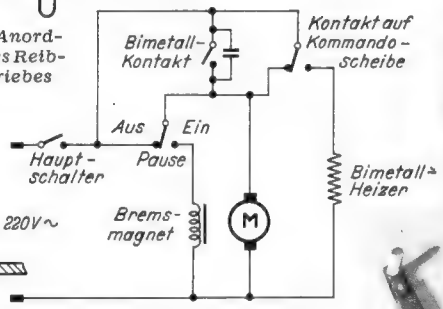
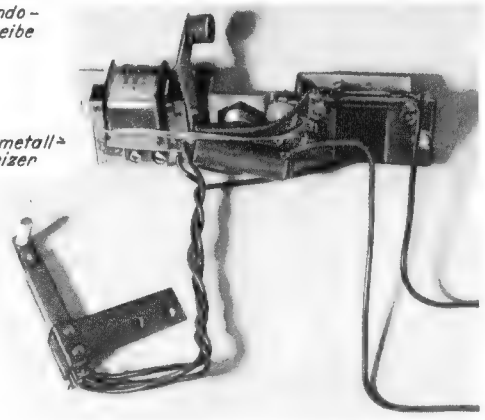


Bild 4. Der Motorstromkreis



Rechts: Bild 6. Pausenschalter-Aggregat. Links oben: Bremsmagnet

etwa drei Minuten ein, so daß sich normalerweise der Veranstalter für die Spieldauer von zehn 3,5 - Minuten - Plattenseiten zuzüglich neun Pausen, also insgesamt für eine Stunde nicht mehr um das Programm zu kümmern braucht. Stellt es sich während dieser Zeit heraus, daß ein Musikstück wiederholt oder ein anderes übersprungen werden soll, daß man eine vorher eingestellte Pause besser ausfallen läßt oder nach einer gerade laufenden Plattenseite das Programm zu unterbrechen wünscht, so kann das entsprechende „Kommando" jederzeit durch Bedienung eines Hebels erteilt werden.

Für manche Spezialzwecke erweist sich die Dauerspielschaltung als äußerst zweckmäßig. Nach Ausschwenken des Plattenandrückers **(Bild 1)** wird die aufgelegte Platte solange wiederholt, bis man das Gerät ausschaltet. Beim Unterricht (Morsekurs, Tanzstunde), der Schaufensterwerbung oder bei der Erläuterung einer Ausstellung durch Textplatten kann diese Spielweise sehr wertvolle Dienste leisten.

Die grundsätzliche Arbeitsweise

An der gewählten Konstruktion besticht die geniale Einfachheit. Der Plattenabwurf erfolgt in bekannter Weise von der Plattenmitte aus. Die verlängerte Tellerachse ist teilweise geschlitzt und umschließt den flachen Abwurfhebel. Die Hebelbetätigung wird von unten her durch eine „Kommandoscheibe" bewirkt, die über Zahnräder vom Plattenteller mitgenommen wird. Der ausschwenkbare Plattenandrücker, der für die Planlage des Plattenstapels sorgt, leitet beim Herabfallen der letzten Platte das Ausschalten nach Programmschluß ein. Die Wiederholungstaste blockiert den Abwurf der nächsten Platte, aber sie kehrt anschließend von selbst wieder in die Normalstellung zurück. Die Arbeitsweise des Fühlhebels, der beim Herabfallen einer Platte deren Durchmesser feststellt und dafür sorgt, daß der Tonarm richtig aufgesetzt, darf als bekannt gelten.

Sehr sinnvoll ist die Drehzahl-Umschalteinrichtung ausgeführt. Ein einziges Reibrad R, das an einem um D drehbaren Arm A gelagert ist, überträgt die Drehbewegung der Motorwelle W auf den Plattenteller T **(Bild 2)**. In der Platine P befindet sich ein Schlitz Sch, durch den R hindurchragt. Die Umschaltung der Drehzahlen erfolgt nun dadurch, daß der Hebel H über ein Gestänge nach rechts oder links verschoben wird, weshalb das Reibrad mehr oder weniger am Tellerrand angreift. Je weiter außen die Mitnahme erfolgt — sie ist durch Raststellen auf $33^1/_3$, 45 und 78 U/min festgelegt —, um so langsamer dreht sich T. Eine Zugfeder F, die an P so eingehängt ist, daß sie A gleichzeitig an W und T drückt, hält die ganze Hebelanordnung in Arbeitslage, also so, daß die Friktionsstellen stets in sicherem Eingriff bleiben.

Thermoelektrischer Pausenschalter

Mit verhältnismäßig geringem Materialaufwand ist der sehr sicher arbeitende Pausenschalter aufgebaut **(Bild 3)**. Während des Spiels einer Platte wird der Umschalter Sch über den Schiebeknopf K betätigt und der Bremsmagnet M eingeschaltet. Dieser hält F solange fest, bis die Pause beginnt. Im gleichen Augenblick zieht eine Feder den Bremsfilz F von M ab und drückt ihn gegen den Tellerrand T. **Bild 4** zeigt die Schaltung des Motorstromkreises. Inzwischen hat der Schalter auf der Kommandoscheibe KS **(Bild 5)** den Motor ab- und den Heizkörper W in Bild 3 eingeschaltet. Die von W aufsteigende Hitze erwärmt allmählich den Bimetallstreifen B, der sich nach unten durchbiegt und nach etwa drei Minuten den B - Kontakt schließt. Dadurch erhalten Motor und Bremsmagnet wieder Strom, und zwar über den mit „Bimetall - Kontakt" bezeichneten Schalter in Bild 4. Die Pausendauer läßt sich sehr einfach dadurch einstellen, daß man den Heizstreifen W mit Hilfe der Justierschrauben J (Bild 3) mehr oder weniger von B entfernt. **Bild 6** läßt das vollständige Pausenschalter-Aggregat erkennen, während **Bild 7** den Tonabnehmerkopf zeigt, der bei 6 Gramm Auflagegewicht auf zwei verschiedene Saphir-Profile umschaltbar ist.

Dieser moderne Wechsler erweist sich im Dauerbetrieb als sehr zuverlässig. Er ist als Chassis erhältlich und wird in Philips - Musikschränke und in Übertragungsanlagen eingebaut. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß man sich mit der Bedienungsweise eines derart vielseitigen Gerätes genau vertraut machen muß, um alle Möglichkeiten richtig ausschöpfen zu können. Wer jedoch einmal das Zusammenwirken der verschiedenen Einstellknöpfe verstanden hat, wird bald alle Vorteile eines „gesteuerten" Programmablaufes zu würdigen wissen.

Kühne

Technische Daten des Plattenwechslers 2508

Antrieb	Induktionsmotor
Drehzahlen	$33^1/_3$, 45 und 78 U/min
Verwendbare Plattendurchmesser	17, 25 und 30 cm
Maße der Platine	365 × 320 mm
Bauhöhe unter/über der Platine	75/125 mm
Netzanschluß	(110) 220 V/10 W
Tonabnehmer	Kristall mit zwei Saphiren
Frequenzbereich	30...10 000 Hz
Ausgangsspannung	ca. 500 mV

Hersteller: Deutsche Philips GmbH, Hamburg 1.

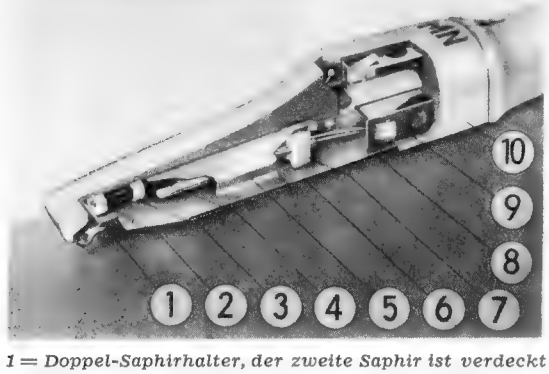


Bild 7. Der Tonabnehmerkopf des Philips-Plattenwechslers 2508 aufgeschnitten

1 = Doppel-Saphirhalter, der zweite Saphir ist verdeckt; 2 = elastische Lagerung; 3 = Nadelarmatur; 4 = Korrekturglied; 5 = Abschirmung; 6 = Kristall; 7 = elastische Lagerung; 8 = Bodenplatte; 9 = Kontaktfedern; 10 = Tonkopf

Funktionstabelle des Plattenwechslers 2508

Arbeitsvorgang	Ausführung[1])
Wechseln nach Abspielen	a
Sofortiger Wechsel	ha
Wiederholen nach Abspielen	a
Sofortige Wiederholung	ha
Pause nach Abspielen	a
Unterbrechen der Pause	ha
Ausschalten nach Abspielen der letzten Platte	a
Sofortiges Ausschalten	ha
Ausschalten nach der gerade laufenden Platte	ha
Platten - Einzelspiel	ha
Dauerspiel einer Platte	a
Richtiges Aufsetzen des Tonarmes	a

[1]) a = automatisch, ha = halbautomatisch

Sonderangebote

Antennen-Material		Potentiometer „Siemens"	
Antennen Cu-Litze 30m	DM 2.70	25 kOhm, lin . . .	DM -.40
Blitzschutz-Automat	DM -.85	500 kOhm, lin . . .	DM -.40
Teller-Isolatoren	DM -.16	1 MOhm, lin . . .	DM -.40
AEG-Schaltbuchsen	DM -.95	2 MOhm, log . . .	DM -.40
Röhrenfassungen		**Skalenlampen**	
Außenkontakt, Trolitul	DM -.10	4 Volt 0,3 Amp . .	DM -.18
Noval Hartpapier	DM -.36	7 Volt 0,3 Amp . .	DM -.23
Octal Trolitul	DM -.23	18 Volt 0,1 Amp . .	DM -.30

Lautspr. „Siemens" 3 Watt, 13 cm ∅ m. Ausg.-Trafo DM 8.95
Lautspr. „Siemens" 6 Watt, 20 cm ∅ m. Ausg.-Trafo DM 14.—
Krokodilklemmen mit Steckbuchsenanschluß . . . . . DM -.09
Krokodilklemmen mit isolierten Griffen . . . . . DM -.28

Verlangen Sie bitte kostenlose Zusendung meiner reichhaltigen Preisliste. Versand gegen Nachnahme.

Wolfgang Mötz, BERLIN-CHARLOTTENBURG 4 Mommsenstraße 46

Gleichrichter-Elemente

und komplette Geräte liefert

H. Kunz K. G.
Gleichrichterbau
Berlin-Charlottenburg 4
Giesebrechtstraße 10

Gelegenheitskäufe!

Spulensätze, Chassis, Kondensatoren, Gleichrichter usw., sowie Ersatzteile aller Art. Größte Auswahl auf allen Gebieten!

RADIO-SCHECK
Nürnberg, Harsdörffer Platz 14

Radioröhren Spezialröhren Senderöhren

gegen Kasse zu kaufen gesucht

Krüger, München 8
Rosenheimer Str. 102

Radioröhren

europäische u. amerik. zu kaufen gesucht

Angebote an:

J. BLASI jr.
Landshut (Bay.) Schließf. 114

Lautsprecher Reparaturen

sämtlicher Größen und Fabrikate seit Jahren zuverlässig, preisgünstig und schnell

P. STUCKY, Schwennigen, Neckarstraße 21

SONDERANGEBOT

Perm. dyn. Lautsprecher 2 Watt 180 mm ∅ mit Alu-Korb, ohne Übertrag., per Stück DM 3.95
Übertrager für Anpassung. 4,5 und 7 kΩ per Stück DM 2.95
jeweils ab Werk unverpackt. Versand per Nachnahme, bei Nichtgefallen Rücknahme.

RADIO ZIMMER
SENDEN/ILLER

Röhren-Sonderangebot für Wiederverkäufer. Auszug aus der Liste IV/53. Nur originalverpackte Röhren aus der neuesten Fertigung weltbekannter Firmen wie Claude + Pazet Silva, Departement Tungsram, Paris; Mazda; Edisvan; Fivre; General Electric (USA); Brimar (England) usw.

Originalverp. inländ. Markenfabrik. werden mit 33 1/3 % Rabatt gelief.

Europäische Röhren:

ABC 1 5.90	CY 2 4.95	ECH 3 7.25	EL 41 4.90	UF 41 4.—
ABL 1 8.50	EAF 42 4.90	ECH 42 5.90	EM 4 4.90	UL 41 4.90
ACH 1 10.75	EBC 41 4.50	ECL 11 9.75	EM 34 4.90	UY 41 2.50
AF 3 5.50	EBF 2 6.75	EF 6 6.20	UAF 42 4.90	VCL 11 9.75
AF 7 5.50	EBL 1 7.25	EF 9 5.80	UBC 41 4.90	REN 904 2.—
AK 2 8.50	ECC 40 7.50	EF 41 4.—	UCH 42 5.90	RES 964 6.75
AL 4 6.75	ECF 1 7.25	EL 3 N 6.—	UCL 11 9.75	RENS12847.90
CBL 6 6.75				RENS12947.90

Amerikanische Röhren:

1 R 5 4.50 (DK 91)	6 A 7 6.—	6 BE 6 4.—	6 SJ 7 4.—	12 AU 7 6.20
1 S 5 4.— (DAF 91)	6 A 8 5.50	6 BK 7	6 SK 7 4.50	12 AV 6 3.75
1 T 4 4.— (EF 91)	6 AB 4 5.90 (EC 92)	a. Anfr.	6 SL 7 5.—	12 AX 7 6.10
1 U 5 4.60	6 AF 7 6.20	6 CB 6 5.30	6 SN 7 4.40	12 BA 6 4.—
3 S 4 4.— (EL 92)	6 AK 5 7.20	6 B 8 5.50	6 SQ 7 3.80	12 BE 6 4.—
3 Q 4 4.—	6 AK 6 6.50	6 H 8 6.50	6 T 8 7.70	12 K 8 6.50
3 V 4 4.30 (DL 94)	6 AL 5 3.50	6 J 5 3.80	(EABC 80)	12 SA 7 4.10
5 Y 3 G 3.—	6 AQ 5 4.25	6 J 6 6.50	6 V 6 G 4.—	12 SK 7 4.90
5 Y 3 GB 3.—	6 AT 6 3.70	6 L 6 G 6.50	6 X 4 3.40	12 SQ 7 4.90
	6 AU 6 4.30	6 M 7 4.70	6 X 5 GT 3.40	25 L 6 GT 4.60
	6 AV 5 GT 7.50	6 N 8 7.75	12 A 8 GT 5.80	25 Z 6 4.20
	6 AV 6 3.80	(EBF 80)	12 AL 5 7.—	35 L 6 4.70
	6 BA 6 4.—	6 Q 7 4.95	12 AT 7 6.80	35 W 4 3.20
		6 SA 7 4.95	12 AU 6 4.—	35 Z 5 3.20

Wir gewähren auf alle Röhren, auch amerikanische Typen, 6 Monate Garantie.
Versand: Nur Nachnahme; ab DM 50.- spesenfrei; 3 % Skonto

Röhrensortimenter WALTER ANGERER KG., München 2, Karlsplatz 11
Telefon 5 05 34, 5 72 52; Telegramme: Tungsang München

die moderne Trockenrasur

BRAUN

300 DE LUXE

In elegantem Lederetui DM 68.-

BRAUN COMMERCIAL G·M·B·H
FRANKFURT AM MAIN

Radio Müller - Walter Müller, Inh. R. Thiel
München 22 · Liebherrstraße 4/IV · Telefon 20670
Stark herabgesetzte Preise!
Auszug aus der Lagerliste! - Nettopreise für Wiederverkäufer!
Sätze 1 R 5, 1 T 4, 1 S 5, 3 S 4 (3 Q 4) DM 16.50
ECH 42, EAF 42, EF 41, EL 41, AZ 41 DM 23.—

OC 3	7.—	6 SL 7	5.50 o	EAF 42	5.20 o
OD 3	7.—	6 SN 7	4.80	EBC 41	5.50 o
OZ 4 A	5.—	6 SQ 7	4.30 o	EBF 11	8.30 o
1 H 5	5.80	6 V 6	4.40 o	EBL 1/21	7.95 o
1 L 4	3.50	6 X 4	3.20 o	ECC 40	8.10 o
1 L 6	5.50 o	7 S 7	8.— o	ECC81/82	9.50 o
1 LA 4	6.—	7 Y 4	3.60	ECF 1	8.70 o
1 LC 6	6.50 o	12 A 6	4.90 o	ECF 12	9.80 o
1 LH 4	5.— o	12 AL 5	6.— o	ECH 11	9.60 o
1 LN 5	3.20 o	12 AT 7	7.—	ECH 21	7.95
1 N 5	5.—	12 AU 6	4.50 o	ECH 42	5.90
1 R 5	4.50	12 AU 7	6.50 o	ECH81/71	9.65 o
1 S 4	5.50 o	12 AV 6	5.— o	ECL 11	10.— o
1 S 5	4.50 o	12 AX 7	6.90 o	ECL 80	9.65 o
1 T 4	4.50 o	12 BA 6	4.25 o	EF 6/9	6.— o
1 U 4	4.50 o	12 BE 6	4.50 o	EF 12	6.70 o
1 U 5	5.— o	12 C 8	4.20	EF 40	7.15 o
2 D 21	8.—	12 K 7	5.50	EF 41	4.50 o
PL 21	8.—	12 K 8	6.50 o	EF 42	6.90 o
2 X 2	5.—	12 SA 7	4.75	EF 85	8.50 o
3 A 5	7.—	12 SG 7	4.20	EF 94	6.— o
3 Q 4	4.50 o	12 SH 7	4.80	EK 2	10.20 o
3 Q 5	6.60	12 SK 7	4.75	EL 3	6.— o
3 S 4	4.50 o	12 SQ 7	4.75 o	EL 11	6.50
3 V 4	4.75	14 B 6	6.50 o	EL 41	5.40
5 U 4	4.50 o	14 Q 7	7.50 o	EL 90	7.20 o
5 R 4	7.50 o	25 L 6	5.25 o	EM 4/34	5.50 o
5 Y 3	3.50 o	25 Z 6	4.80 o	EM 11	6.— o
5 Z 4	4.75	35 L 6	5.90 o	EM 71/85	6.30 o
6 A 7, 8	6.50 o	35 Y 4	6.— o	KK 2	12.— o
6 AC 7	5.20	35 Z 5	4.—	KL 1	4.—
6 AF 7	6.50 o	5 OA 5	6.50 o	PL 81	11.30 o
6 AK 5	7.25 o	5 OB 5	5.— o	UAF 42	5.25 o
6 AL 5	4.— o	5 OL 6	4.90	UBC 41	4.90
6 AQ 5	4.50 o	117 Z 3	4.75	UBF11/80	8.30 o
6 AU 6	4.50 o	80	3.50	UBL 1	9.75 o
6 AV 6	4.25 o	807	6.90	UBL 21	9.— o
6 B 8	5.—	829	35.—	UCH 11	10.— o
6 BA 6	4.— o	832	29.—	UCH 21	9.— o
6 BE 6	4.50 o	866 A	13.—	UCH 42	5.90 o
6 BJ 6	5.—	9001	4.50	UCL 11	10.40 o
6 C 4	5.—	9002	3.50	UF 41	4.50 o
6 C 5	3.— o	9003	3.20	UL 11	8.30 o
6 CB 6	6.75 o			UL 41	5.50 o
6 E 5	6.— o	ABC 1	6.70 o	UM 4/11	6.60 o
6 E 8	7.— o	ACH 1	11.40 o	UY 1 N/21	3.75 o
6 F 6	4.50	AF 3	6.50 o	UY 11	3.15 o
6 F 7	4.90 o	AF 7	6.50 o	UY 41	2.50
6 H 6	2.—	AK 2	8.50	VCL 11	10.30 o
6 H 8	6.50 o	AL 4	7.20 o	VC 1	6.60 o
6 J 6	6.50 o	AZ 1, 11, 41		VF 7	7.45 o
6 J 7	4.50		1.95 o	VL 1	7.90 o
6 K 7	2.95	CBC 1	7.35	VY 1	3.35 o
6 K 8	6.50 o	CBL 1, 6	9.60 o	VY 2	2.30 o
6 L 6	6.90	CF 3	5.50 o	164	5.85 o
6 L 7	4.—	CK 1	11.40	604	8.65
6 N 7	4.20	CL 4	8.60 o	904	5.— o
6 Q 7	4.90 o	CY 1	3.45	984	7.80 o
6 SA 7	4.75 o	CY 2	5.— o	1284/94	8.65
6 S C7	4.50 o	DAF 91	5.65 o	1823d	9.50
6 SG 7	4.50	DF 91	5.35 o	1883	6.— o
6 SH 7	3.20 o	DK 91/92	6.40 o	P 2000	6.90 o
6 SJ 7	3.90	DL 92/94	6.— o	LS 50	7.—
6 SK 7	4.50 o	EABC 80	9.50 o	RS 241	8.50

o = orig. gep. - Alle weit. deutsch. Originalröhren mit 33⅓% an Wiederverk. Alle Röhr. 6 Mon. Gar. Nachn., ab DM 50.- spesenfrei.

Reparaturkarten
T. Z.-Verträge
Reparaturbücher
Außendienstblocks
Briefbogen
Umschläge
Bitte fordern Sie kostenlos

Rechnungen
Postkarten
Gerätekarten
Karteikarten
Kassenblocks
sämtl. Geschäftsformulare
unsere Mitteilungsblätter an

„Drüvela" D.R.W.Z. Gelsenkirchen

Auch aus

Australien

kommen die Zuschriften auf Anzeigen in der FUNK-SCHAU, wie die obige Abbildung zeigt.

In vierzig Ländern der Welt lesen Fachinteressenten regelmäßig die FUNKSCHAU

97 Stück Elektrometer-Trioden Type 5803
(USA-Fertigung)

230 Stück Röhren RV 2,4 P 45

preisgünstig zu verkaufen.

Frieseke & Hoepfner G. m. b. H., Erlangen-Bruck

UKW-SUPER W 510

10 Kreise · 5 Röhren · Ratiodetektor

In jeden Empfänger leicht einzubauen. Empfindlichkeit 3 µV. Rauschabstand 40 db

Wechselstrommodell W 510 .... DM **99.60**
Allstrommodell A 510 .... DM **99.60**

(Anzahlung DM 33.20 - 6 Raten zu je DM 11.73)

Prospekt mit ausführl. Beschreibung gratis von

SUPER-RADIO HAMBURG 20/B Eppend.-Baum 39 a

Unser **großer, reich illustrierter**

RADIO-EINZELTEILE-KATALOG

mit allen Sonderangeboten ist erschienen.

Ein wertvoller Einkaufshelfer für jeden Radio- und KW-Amateur.

Bestellung geg. Einsend. von -.50 in Briefm. erbeten!

RADIOHAUS Gebr. BADERLE
HAMBURG 1, Spitalerstr. 7, Fernsprecher 32 79 13

Gebr. Radiogeräte zum Ausschlachten

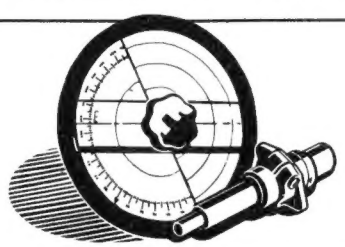
DKE o. R. 3.50, V. E. o. R. 4.50, Einkreiser o. R. 6.-, Super mit Röhren 10–15.-, Gleichstrom-Super mit Röhren 5.-

WEINKAUF & CO.
Coburg · Postfach 208

Frequenz-Messer
85-1000 MHz
Type TS 175-U m. Quarz-Eichg. zu verkaufen.

Anfragen unter Nr. 4601 AK

Trafo-Sonderangebot! **Netztrafo für Trockengleichrichter mit Drahtenden,** prim.: 110/125/150/220/240 V, sec.: 1 x 250 V, 80 mA, 6,3 V, 3 Amp. **DM 6.-.** — **Netztrafo Ia Industrieausführung mit Drahtenden,** prim.: 110/130/22/240 V, sec.: 2 x 270 V, 120 mA, 6,3 V, 3 Amp., 4 V, 2,3 Amp. . . . . **DM 9.90**
Netztrafo Ia Ausführung mit Lötösenleisten, prim.: 110/125/150/220 V, sec.: 2 x 300 V, 75 mA, 4/6,3 V, 3 Amp., 4 V, 1,1 Amp. . . . . **DM 10.50**
Heiztrafo 220 V, 4/6,3 V, 1,5 Amp. **DM 2.20.** — **Heiztrafo 220 V,** 4/6,3 V, 2 Amp. **DM 2.60**
Heiztrafo 220 V, 12,6 V, 250 mA, 6,3 V, 1,1 Amp. **DM 2.30**
Ausgangstrafo für EL 12 3,5 kΩ, 5 Ω . . . . . **nur DM 5.50**
Röhrensonderliste und Einzelteilliste kostenlos! Nachnahmeversand!
RADIO-FERN G. M. B. H., ESSEN, KETTWIGER STRASSE 56



MENTOR
Fein-Grob-Triebe
Präzision und Qualität
Ing. Dr. Paul Mozar
Fabrik für Feinmechanik
Düsseldorf, Postfach 6085

KLEIN-ANZEIGEN

Anzeigen für die FUNKSCHAU sind ausschließlich an den FRANZIS-VERLAG, (13 b) München 22, Odeonsplatz 2, einzusenden. Die Kosten der Anzeige werden nach Erhalt der Vorlage angefordert. Den Text einer Anzeige erbitten wir in Maschinenschrift oder Druckschrift. Der Preis einer Druckzeile, die etwa 25 Buchstaben bzw. Zeichen einschl. Zwischenräumen enthält, beträgt DM 2.—. Für Zifferanzeigen ist eine zusätzliche Gebühr von DM 1.— zu bezahlen.

Zifferanzeigen: Wenn nicht anders angegeben, lautet die Anschrift für Zifferbriefe: FRANZIS-VERLAG, (13 b) München 22, Odeonsplatz 2.

STELLENGESUCHE UND -ANGEBOTE

Jüng. Rundfunkmech., der selbst. u. gewissenh. arbeitet, sucht Stelle in Industrie od. größ. Betrieb. Zuschriften erbeten unter Nr. 4589 AR

Jg. Rundf.-Mech.-Ges., 20 J., led., mit guten Zeugnissen u. Führerschein Kl. III, sucht Stellung. Angeb. erbet. unter Nr. 4594 HK

Schalt. (Rdf-Mech.) led. 28 J., best. vertr. mit Bau u. Rep. v. Rdf.-HF.-NF. u. Magnettongeräten sowie Ela- u. Antennenanlagen, auch Elektro.-Install., **sucht Dauerstellung.** Angeb. erbet. unt. Nr. 4598 WE

Rundf.-Mech.-Meister, 41 J. seit 25 J. im Fach, sucht Stellung als Werkstattleiter in Industrie od. Einzelhandel. Angebote erbeten unter Nr. 4599 KW

VERKAUFE

1 Philips Oszillograph „Kartograph I", neuw., zu verkauf. DM 600.—. **H. Kaffka, Bremen,** Glockenstr. 17

Verk. **KWEa** Org.-Zustand. Angeb. erb. unt. Nr. 4590 RS

2 Körting Rundstrahler 25 Watt, 1 Farvimeter, 1 Röhrenprüfger., 1 Philoskoph 2023 A, **günstig abzugeben.** B. Heinrich Albers & Co., Hamburg 11, Dovenfleet 20

Verkaufe: Saba Meersburg W II, neuw. 280.-, Dual Plattenwechsler 1002, neuw. DM 110.-. Zuschr. erbeten unter Nr. 4591 HP

Röhren-Hacker, Berlin-Neukölln/3 schickt Ihnen sofort kostenlos die neueste Röhren- u. Material-Preisliste. Sie kaufen dort sehr günstig!

Wellenmesser R & S WIP u. WID preisgünstig, neuw., zu verk. Angeb. unt. Nr. 4600 MK

Altgeräte f. Betr. oder z. Ausschl. z. T. mit Röhr. ab DM 10.-. Meßsender Pultf. KML + Zf 60 DM. 1 Radiola-Ant. m. Garantie 50 DM. 1 Umformer fµ 10/E geg. Geb. **Franz Männle, (17b) Zusenhofen/Rencht.**

Lautsprecher Körting-Maxim. (40 W, perm. dyn.) für DM 200.— zu verk. Zuschr. erb. unt. Nr. 4592 JH

Farvimeter, DM 450.—, Tessarek, Frankfurt/M. Mörfelder Landstr. 108a

R & S Meßsender, ein Meßs. SMF, 1 Kapazitätss. KRH, 1 Induktivitätsm. LRH, 1 BC-Summer für DM 1500.- zu verk. Zuschr. erbet. unter Nr. 4593 SA

Verkaufe **Telefunken-Schneidkoff.** DM 280.-. **Lange, Neckarsulm,** Langegasse

In westd. Großstadt **Rundfunk- u. Elektro-Fachgeschäft** zu verk. Erford. Kap. 150 000 DM. Zuschr. erbeten unter Nr. 4595 WH

Rundfunkwerkstatt, Meßgeräte, Werkzeuge, Bastelmaterial, **günstig abzugeben.** Albers & Co., Hamburg, Dovenfleet 20

Standmikrofon DM 3 Labor-W., neu, **billig.** Diedrich, Tittingdorf, Post Buer, Krs. Melle

Verk. Philips-Oszillograph, GM 3155 (200 DM), Univ.-Empf.-Netzgerät EN 4109 (70 DM). Zuschr. erb. u. Nr. 4596 WP

Telefunk.-Spitzensuper T 50001, neuw., ohne Gehäuse, billig! Zuschr. erb. unter Nr. 4597 SH

SUCHE

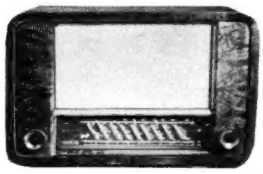
Kaufe lfd. BC 312, 342, 348, 221, zahle DM 300.-. DM 28 (Umf. f. 348) dringend ges. Adressenangabe erb., Gerät wird abgeholt. **H. K. Kretzsch (17a) Reisen/i. Odw.**

Eilt! Suche Tauchspulenmikrofon mit Nieren od. 8er Charakteristik zu kaufen oder zu tauschen geg. 20-W-Kraftendstufe. **Radio-Sattler, Wiesau, Opf.**

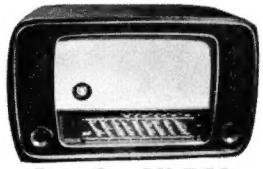
Suche **16 mm Tonfilmanlage** zu pachten oder gegen Raten. Projektor, Verstärker auch einzeln. **Szabados, (13b) Walburgskirchen**

Labor-Meßgeräte usw. kauft lfd. Charlottenbg. Motoren- u. Gerätebau, Berlin W 35, Potsdamer Straße 98.

Polierte Industrie-Gehäuse



Form 1 DM 6.50



Form 2 DM 7.50

(Mende) mit Zierleisten zur Vervollkommnung alter Rundfunkgeräte geeignet.

Länge . . . 50 cm
Höhe . . . 30 cm
Tiefe . . . . 22 cm

Verpackung wird nicht berechnet.

Versand per Nachnahme durch:

NORDFUNK-VERSAND Bremen, An der Weide 4/5

Kompl. **Kofferautoverstärker KAV 18,** 6 Volt mit RONETTE-Kristallmikrofon B 110, **Netzzusatzgerät** 110/220 Wechselstr., **Wechselstr.-Gleichrichter WG 40,** 6 Volt und **Lautsprecher, neu** für **DM 500.-**

ELA-Verstärkerkoffer, 70 W m. Laufwerk, Mikrofon und Lautsprecher, **gebraucht** für **DM 275.-**

Preisregulierung nicht ausgeschlossen!

GERHARD HÖHN · FÜRTH am Berg/Coburg

Technische Neuheiten!

Hochton-Lautsprecher-Chassis, KÖRTING, Frequenzbereich 7000-15000 Hz. Jetzt auch f. den Bastler lieferb. **brutto DM 6.50**
Anschaltelemente hierzu, (1 Drossel, 2 Kondensatoren, 1 Widerstand . . . . . **brutto DM 3.80**
OPTA-Schaltuhr, 3-Tage-Gehwerk, mit Zifferblatt und Zeigern, ohne Gehäuse, starker Schaltkontakt, Restmenge!! **netto DM 13.-**
Klingeltrafo 220/3/5/8 V . . . . . **DM 2.60**
Kofferantenne, vernickelt . . . . . **netto DM 7.-**
Klingel, Allstrom . . . . . **netto DM 1.25**
Zwerg-Perma-Chassis, 6 cm ⌀ . . . . . **netto DM 5.50**

... und für den Tonband-Amateur

Versuchsbänd. aus Industriebest. **1000 m** auf Kern, **netto DM 6.50**
NOVAPHON-Ringköpfe z. Orig.-Preisen, prompt ab Lager lieferb. Händler erhalt. hohe Rabatte! **HF-Spule** f. EL 42 **brutto DM 8.-**
HF-Spule für EL 41 . . . . . **brutto DM 9.40**
HF-Spule, EL 41 gekapselt . . . . . **brutto DM 10.50**
Versteh. HF-Spulen sind für die **NOVAPHON-Kombiköpfe** best.
Zubehör f. NOVAPHON-Tonköpfe: **Resonanzkreis f. Höhenanhebung bei der Aufnahme.** Veränderl. f. die Frequenzen: 5000 Hz (4,75 cm/sek) 8000 Hz (9,5 cm/sek.) 10000 Hz (19 cm/sek) **br. DM 10.-**
Jeder Tonbandamateur kann die neue DUOTON-Preisliste m. vielen Abbildungen kostenl. anford. Händler erhalt. die „gelbe Rabattliste"

HANS W. STIER · BERLIN-SW 29
Hasenheide 119 (am Hermannpl.), Tel. 66 31 90, Postscheck. Berlin 39937

Zuverlässiger Geräteschutz durch

JHG-Feinsicherungen

nach DIN 41 571 und Sonderabmessungen in Glas mit vernickelten Messingkappen

JHG-Feinsicherungen Johann Hermle
GOSHEIM-WÜRTT.

Hersteller für FUNKSCHAU-Bauanleitungen · Preisliste anfordern!

RADIOGROSSHANDLUNG

HANS SEGER

REGENSBURG

Tel. 2080, Bruderwöhrdstraße 12

liefert zuverlässig ab Lager

Rundfunkgeräte, Koffersuper, Phonogeräte, Autosuper, Musikschränke und alles einschlägige Radiomaterial folgender Firmen:

Blaupunkt	Kuba
Braun	Lorenz
Continental	Nora
Dual	Philips
Ebner	Saba
Emud	Schaub
Graetz	Siemens
Ilse	Telefunken
Körting	Tekade
Krefft	Wega

Sonderangebot mit hohem Rabatt:

Phonomotore in verstärkter Ausführung von Perpetuum Ebner W **50.-** DM GW **64.-** DM

Plattenteller 30 cm in erstklassiger Ausführung mit Plüschbezug und vernickeltem Rand **8.85** DM

Versand per Nachnahme
Lieferung an den Fachhandel
Fordern Sie bitte Lagerlisten an!

Neue Skalen für alle Geräte

BERGMANN-SKALEN

BERLIN-STEGLITZ, UHLANDSTRASSE 8, TELEFON 726273

ELBAU-LAUTSPRECHER

Hochleistungserzeugnisse

Sämtliche Lautsprecher ausgerüstet mit Hochtonkalotten und neuartigen Zentriermembranen

Bitte Angebot einholen

LAUTSPRECHER-REPARATUREN

Sämtliche Fabrikate werden ausgeführt unter Verwendung modernster Zubehörteile

Breiteres Frequenzband
Verblüffender Tonumfang

ELBAU-Lautsprecherfabrik
BOGEN/Donau

BEYER

Heilbronn a. N. · Bismarckstraße 107

Exponentialhorn-Lautsprecher mit Druckkammersystem

12,5 Watt und 25 Watt

Frequenzbereich 200—10000 Hz. Richtcharakteristik gerichtet. Horn zweifach gefaltet, vertikal schwenkbar, wetterfest

Für Kommandoanlagen, Autoanlagen, Sportplätze, Polizei, Eisenbahn

---

Radiomaterial:

KW-Drehko (ker. isoliert) 25 pF	DM 1.60
KW-Drehko (ker. isoliert) 50 pF	DM 1.70
KW-Drehko (ker. isoliert) 75 pF	DM 1.80
KW-Drehko (ker. isoliert) 100 pF	DM 1.90
UKW-Drehko (Schmetterling) 8+8 pF	2.80
UKW-Drehko (Schmetterling) 15+15 pF	3.80
UKW-Drehko (Schmetterling) 34+34 pF	4.20
Drehko 2×54 opF (56×54×30 mm, Kugellager, Calitisolation)	DM 2.90
Lufttrimmer (Philips)	DM -.65
Mikro-Bandfilter (Philips) Zf 464—483 kHz (25×10×36 mm)	DM 3.30
UKW-Bandfilter für 10,7 MHz (25 ⌀ × 37 mm)	DM 2.40
UKW-Diskriminat. (25 ⌀ × 37 mm)	DM 3.70
UKW-Vorkreis	DM 1.20
UKW-Oszillator-Spule	DM -.40
UKW-Zf-Doppel-Sperren	DM 1.60

Elkos (Fabrikfrisch)

16 µF 350/385 V (Alub., Schraubverschl.)	1.30
25 µF 350/385 V „ „	DM 1.60
32 µF 350/385 V „ „	DM 1.70
16+16 µF 350/385 V „ „	DM 2.10
25+25 µF 350/385 V „ „	DM 2.30
50+50 µF 350/385 V „ „	DM 3.20
16 µF 450/550 V „ „	DM 1.70
32 µF 450/550 V „ „	DM 1.95
16+16 µF 450/550 V „ „	DM 2.60
0,1 µF 250/750 V (roll)	DM -.20
0,5 µF 250/750 V (roll)	DM -.20
0,5 µF 500/1500 V (roll)	DM -.30
1 µF 250/750 V (roll)	DM -.35

Heiztrafos:

220 V/4 V; 2 A	DM 3.60
220 V/6,3 V; 2 A	DM 3.60
220 V/12,6 V; 1,5 A	DM 3.60
VE-dyn-Netztrafo (Original)	DM 7.50
Postrelais	DM 1.40
Kohle-Mikrofonkapsel	DM 1.50
Schauzeichen	DM -.90
Telefonvorwähler	DM 7.50
Wettersonde (bestückt mit DDD 11)	3.90

Meßinstrumente:

Taschen-Volt- u. Amperemeter (f. Gleich- und Wechselstrom)
6 V/12 A DM 4.90 | 25 V/25 A DM 430
10 V/20 A DM 4.30 | 12 V/240 V/50 mA 6.90

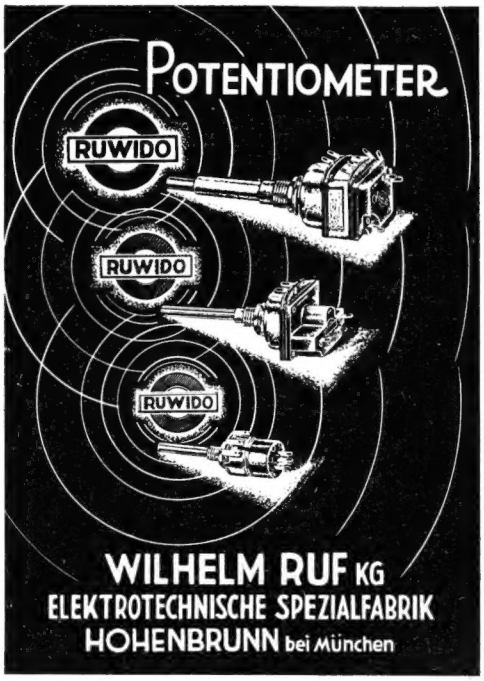
Einbauinstrumente:

Voltmeter (Wehrm.) 4/110 V Drehspul (Innenwiderstand 1000 Ω/V ..... DM 4.80

Amperemeter	DM
400 mA (Weicheis.) 63 mm Flansch-⌀	5.40
4 Amp. (Weicheis.) 63 mm Flansch-⌀	3.50
150 mA (Drehspul) 63 mm Flansch-⌀	6.50
1,5 A (Drehspul) 63 mm Flansch-⌀	6.50
15 A (Drehspul) 63 mm Flansch-⌀	4.50
0,5 A (Weicheisen) 130 mm Flansch-⌀	8.80
1,0 A (Weicheisen) 130 mm Flansch-⌀	8.80
5 A (Weicheisen) 130 mm Flansch-⌀	8.80
10 A (Weicheisen) 130 mm Flansch-⌀	8.80
Voltmeter	
500 V (Weicheisen) 130 mm Flansch-⌀	6.50

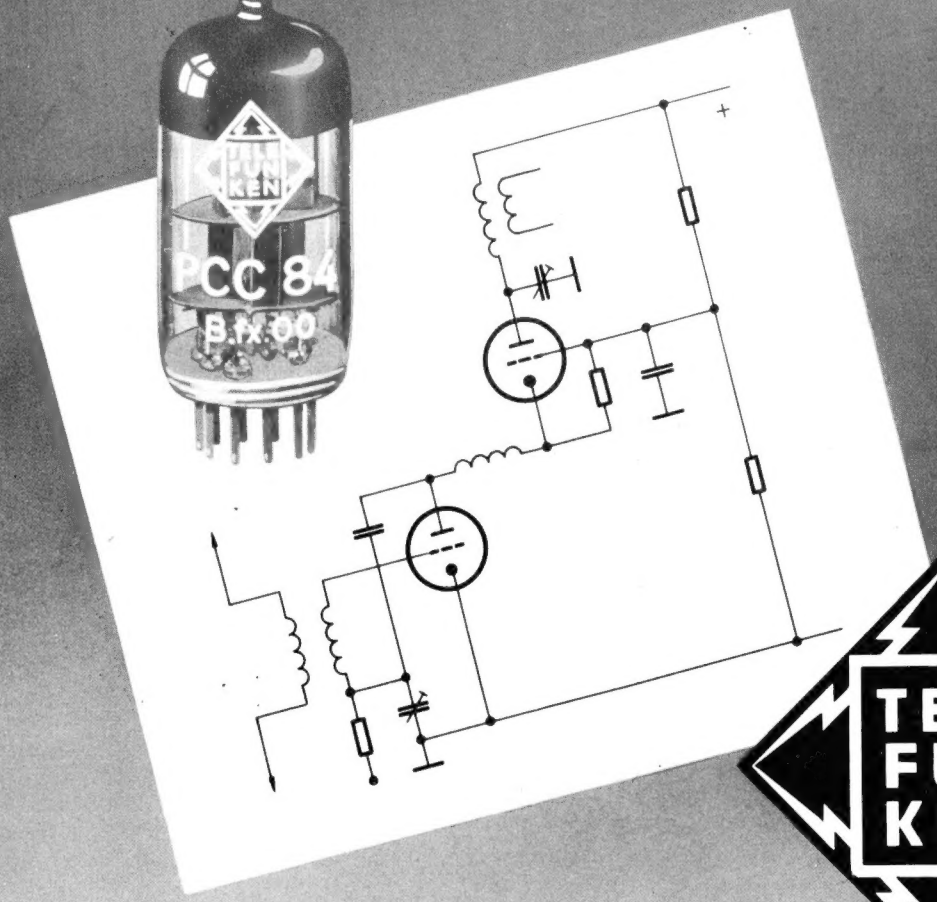
Fordern Sie unsere kostenl. Preisliste an!
Lieferung nur an Wiederverkäufer

G. VÖLKNER INGENIEUR (VS 1)
(20b) Braunschweig - Ernst-Amme-Straße 12 - Ruf 21332



TELEFUNKEN

STEILE FERNSEH-DOPPELTRIODE 9STIFTIGE PICORÖHRE PCC84



TELEFUNKEN

Eine Doppeltriode für Eingangsstufen von Fernsehempfängern mit hoher Steilheit und hohem Eingangswiderstand zur Erzielung günstiger Grenzempfindlichkeit. Bei Verwendung in Kaskadenschaltung sind hohe Verstärkung und großer Störabstand zu erreichen.

Heizspannung ca. 7,5 V — Heizstrom		300	mA
Anodenspannung	ca.	90	V
Anodenstrom	ca.	12	mA
Gittervorspannung	ca.	—1,5	V
Steilheit	ca.	6,2	mA/V
Durchgriff	ca.	4,3	%
Eingangswiderstand bei 200 MHz System I in Kathodenbasis	ca.	3,3	kΩ